

# **УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

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

**Научный журнал**

**Том 9 (75), № 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, 2023**

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

**Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»**

**Печатается по решению Научно-технического совета Крымского федерального  
университета имени В. И. Вернадского, протокол № 1 от 19 января 2023 г.**

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, отрасль науки 1.4.1. – неорганическая химия, 1.4.2. – аналитическая химия, 1.4.3. – органическая химия, 1.4.4. – физическая химия, 1.4.9. – биоорганическая химия, 1.4.15. – химия твердого тела, 1.5.5. – физиология человека и животных, 1.5.9. – ботаника, 1.5.15. – экология, 1.5.20 – биологические ресурсы, 1.5.24. – нейробиология, дата включения – 12.07.2017, а также в систему «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ)

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

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

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

**Технический редактор – Ярмолук Н. С., к. б. н., доц.**

**Раздел «Биология»:**

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

**Раздел «Химия»:**

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

Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4, корп. Б, ауд. 328  
Подписано в печать 26.01.2023. Формат 70x100 1/16. Заказ № НП/126. Тираж 50. Цена «Бесплатно».

Дата выхода в свет «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

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

Адрес издательства и типографии:

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

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

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Биология. Химия. Том 9 (75). 2023. № 1. С. 3–13.

УДК 631.461:633.14/15

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-3-13

## ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ *AZOSPIRILLUM FORMOSENSE* НА РОСТ И РАЗВИТИЕ *TRITICUM DURUM DESF.* НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

*Белюсов В. В., Чмелёва С. И., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н.,  
Попова А. М.*

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

Приведены доказательства стимулирующего влияния штамма SP-23 *Azospirillum formosense* на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян *Triticum durum* Desf. Под влиянием штаммов SP-2 и SP-23 *Azospirillum formosense* достоверно увеличиваются показатели линейного роста и накопление массы сухого вещества проростков *Triticum durum* Desf.

**Ключевые слова:** *Azospirillum formosense*, энергия прорастания семян, всхожесть, морфометрические показатели, онтогенез, *Triticum durum* Desf.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время получение и повышение урожайности экологически чистого сельхоз сырья в Республике Крым приобретает все большую актуальность. Создание и применение биопрепаратов на основе азотфиксирующих бактерий – наиболее действенный способ повышения продуктивности растений, качества урожая, а также сохранение естественного плодородия почв [1–3]. Микроорганизмы рода *Azospirillum* относятся к группе ростстимулирующих, азотфиксирующих бактерий, занимающих важную роль в агробиотехнологии, впервые были исследованы в начале XX столетия, в сферу интенсивного изучения попали в середине этого же столетия. Входят в состав многих комплексных микробиологических препаратов, оказывающие положительное влияние на рост и развитие многих сельскохозяйственных культур. Данные палочки формируют высокоэффективные микроассоциации с растениями, входят в состав аборигенной микрофлоры почв и распространены повсеместно. В связи с этим поиск обладающих повышенной способностью к ассоциации с культурными растениями, интенсивной азотфиксации, а также ростстимулирующей штаммов микроорганизмов

рода *Azospirillum* является актуальной задачей сельскохозяйственной биотехнологии и физиологии растений [4–6].

Цель данной работы явилось выявление влияния новых штаммов *Azospirillum formosense* на рост и развитие *Triticum durum* Desf. на ранних этапах онтогенеза.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть исследований проводилась на базе кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий Института биохимических технологий экологии и фармации ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского», в период 2021–2022 гг.

Материалом для исследований исследования служили семена и растения пшеницы озимой сорта Одари (*Triticum durum* Desf. CV /Одари/), семена которой отбирали по средним размерам. После промывания в проточной воде выдерживали в слабом растворе  $KMnO_4$  в течение 15 минут, затем трижды промывали дистиллированной водой.

В соответствии со схемой опыта семена инокулировали штаммами микроорганизмов *Azospirillum formosense*, полученными из ризопланы дикорастущих злаков флоры Республики Крым сотрудниками НПО Биотехсоюз

Схема опыта:

1. Контроль – отстоянная водопроводная вода.
2. SP-1 – *Azospirillum formosense*.
3. SP-2 – *Azospirillum formosense*.
4. SP-4 – *Azospirillum formosense*.
5. SP-5a – *Azospirillum formosense*.
6. SP-23 – *Azospirillum formosense*.

Препарат *Azospirillum formosense* перед инокуляцией разводили  $H_2O_{дист.}$  в соотношении: 1:9 (10 % -й препарат) и 1:99 (1 %-й препарат).

Для определения влияния различных штаммов *Azospirillum formosense* на всхожесть семян пшеницы сорта Одари, семена после протравливания, раскладывали по 50 штук в чашки Петри на двойной слой фильтровальной бумаги. В каждую чашку Петри приливали по 10 мл  $H_2O$ . Контролем служила отстоянная водопроводная вода.

Семена помещали в термостат типа ТС–80–М–2 для проращивания (в течение 3 суток в темноте при  $+20^{\circ}C$ ). Согласно требованиям государственного стандарта для сельскохозяйственных культур 12038–84 для твердой пшеницы энергия прорастания определяется на 4 сутки, а всхожесть семян на 8 сутки.

Энергия прорастания семян характеризует дружность появления нормальных проростков. Под всхожестью семян понимают количество нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа, выраженное в процентах [7].

Инокулированные семена пшеницы высаживали в стаканчики с почвенной смесью. Для приготовления почвенной смеси смешивали 1 часть почвы и 9 частей перлита, затем перемешивали и набывали емкости для выращивания растений. Растения выращивали в лабораторных условиях при температуре от  $+22^{\circ}C$  до  $+24^{\circ}C$  в течение 2 недель.

Определение морфометрических показателей проводилось на 4-е и 8-е сутки по общепринятым в физиологии растений методикам [8]. В качестве морфометрических показателей исследовались: высота растений, длина корневой системы, масса сырого вещества [8].

В каждый сосуд высевали по 5 семян, повторность – трехкратная.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической, стандартное отклонение, критерий достоверности Стьюдента для сравнения двух выборок. Все измерения и исследования осуществляли на оборудовании, прошедшем метрологическую проверку и экспертизу [9].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования показано, что препараты со штаммами SP-1 и SP-2 ингибировали прорастание семян пшеницы как при использовании концентрации 10 %, так и концентрации 1 %. Энергия прорастания семян пшеницы в варианте с SP-1 в концентрации препарата 10 % достигала 42,4 %, что на 18,1 % меньше, чем в контрольном варианте (табл. 1). При использовании микробиологического препарата штамма SP-1 в концентрации 1 % достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 4,9 %.

Установлено, что микробиологический препарат со штаммом SP-2 оказал ингибирующее влияние на энергию прорастания семян пшеницы. Так, например, инокулирование семян 10 %-ным препаратом достоверно снижало энергию прорастания на 2,3 % в опытных вариантах по сравнению с контрольными вариантами 1 %-ным – на 2,4 % (табл. 1).

Таблица 1

Влияние *Azospirillum formosense* на энергию прорастания семян пшеницы

Варианты опыта	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	энергия прорастания, %	% к контролю	энергия прорастания, %	% к контролю
Контроль (H <sub>2</sub> O)	60,5 ± 1,8	100,0	62,5 ± 1,4	100,0
SP-1	42,4 ± 1,4**	70,1	57,6 ± 2,2*	92,2
SP-2	58,2 ± 2,6*	96,2	60,1 ± 2,3*	96,2
SP-4	62,9 ± 2,1 <sup>н/д</sup>	103,9	65,3 ± 2,1 <sup>н/д</sup>	104,5
SP-5a	57,7 ± 2,2*	95,4	66,5 ± 2,0*	106,4
SP-23	68,5 ± 1,4*	113,2	76,7 ± 1,8**	122,8

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001; н/д – различия недостоверны.

При анализе экспериментальных данных при изучении влияния микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-4

установлено, что обе концентрации не оказали достоверного влияния на энергию прорастания семян твердой пшеницы. Использование препарата, в состав которого входил штамм *A. Formosense* SP-5а показало, что высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, а концентрация препарата 1 % – достоверно стимулировала энергию прорастания семян

Установлено, что в опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 энергия прорастания достоверно выше, чем в контрольных вариантах, в которых обработка препаратом не проводилась. Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 23 %. Если в контрольном варианте энергия прорастания семян составила 62,5 %, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 76,7 % (см. табл. 1).

При изучении влияния препаратов, содержащих различные штаммы *Azospirillum formosense* на лабораторную всхожесть семян *Triticum durum*, были получены данные, аналогичные энергии прорастания (табл. 2). Закономерность, установленная при изучении влияния микробиологических препаратов на энергию прорастания, прослеживается и при определении всхожести. Так, препараты со штаммами SP-1 и SP-2 достоверно ингибировали прорастание семян пшеницы как при использовании концентрации 10 %, так и концентрации 1 %. Лабораторная всхожесть семян пшеницы в варианте с SP-1 в концентрации препарата 10 % достигала 67,2 %, что на 25,2 % меньше, чем в контрольном варианте. При использовании микробиологического препарата штамма SP-1 в концентрации 1 % достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 9,9 %. Препарат, в составе которого штамм SP-2, также оказал ингибирующее влияние на лабораторную всхожесть семян пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

Влияние *Azospirillum formosense* на всхожесть семян пшеницы

Варианты опыта	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	энергия прорастания, %	% к контролю	энергия прорастания, %	% к контролю
Контроль (H <sub>2</sub> O)	92,7 ± 1,5	100,0	93,4 ± 1,6	100,0
SP-1	67,2 ± 1,1**	72,5	83,5 ± 2,2**	89,4
SP-2	87,8 ± 1,6*	94,7	89,1 ± 2,3*	95,4
SP-4	95,1 ± 1,4 <sup>н/д</sup>	102,6	94,5 ± 2,1 <sup>н/д</sup>	101,2
SP-5а	85,7 ± 1,8*	92,4	95,9 ± 2,0 <sup>н/д</sup>	102,7
SP-23	100,0 ± 1,0**	107,8	100,0 ± 2,1**	107,1

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001; н/д – различия недостоверны.

При анализе экспериментальных данных, полученных при изучении влияния микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-4 установлено, что обе концентрации не оказали достоверного влияния на лабораторную всхожесть семян твердой пшеницы. Использование препарата, в состав которого входил штамм *A. Formosense* SP-5a показано, что высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, а концентрация препарата 1 % – достоверно стимулировала лабораторную всхожесть семян (см. табл. 2).

В опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 лабораторная всхожесть семян достоверно выше, чем в контрольных вариантах, в которых обработка препаратом не проводилась. Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 7,3 %, всхожесть достигает 100 %. Если в контрольном варианте лабораторная всхожесть семян составила 93,4 %, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция 1 % препаратом микроорганизмов, этот показатель составил 100 % (см. табл. 2).

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на прорастание семян *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что стимулирующее влияние как на энергию прорастания, так и на лабораторную всхожесть оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контрольные на 7,3–8,0 %, с концентрацией 1 % – 6,6–7,2 %, соответственно.

Влияние штаммов *Azospirillum formosense* на морфометрические показатели растений *Triticum durum* Desf.

При изучении влияния микробиологических препаратов, содержащих новые штаммы *Azospirillum formosense* на высоту 8-суточных растений были полученные данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3.

**Влияние *Azospirillum formosense* на высоту 8-суточных растений пшеницы**

Варианты опыта	Высота надземной части растений, см ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	высота, см	% к контролю	высота, см	% к контролю
Контроль	9,1 ± 0,02	100,0	9,1 ± 0,02	100,0
SP-1	9,5 ± 0,01 <sup>н/д</sup>	104,4	9,8 ± 0,01*	107,7
SP-2	10,3 ± 0,02*	113,2	10,6±0,02*	116,5
SP-4	9,4 ± 0,01 <sup>н/д</sup>	103,3	9,5±0,01 <sup>н/д</sup>	104,4
SP-5a	7,6 ± 0,02*	83,5	8,2±0,02*	90,1
SP-23	10,9 ± 0,02**	119,8	12,5±0,02**	137,4

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001.

Использование препарата, в состав которого входил штамм *A. Formosense* SP-5a установлено, что высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала рост растений пшеницы так же, как и концентрация препарата 1 %.

Установлено, что в опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 на высоту пшеницы достоверно выше, чем в контрольных вариантах, в которых обработка препаратом не проводилась. Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 37,4 %. Если в контрольном варианте высота проростков составила 9,1 см, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 12,5 см.

Препараты штаммов микроорганизмов *Azospirillum formosense* SP-2 оказали стимулирующее влияние на высоту 8-суточных растений пшеницы, как при использовании концентрации 10 %, так и концентрации 1 %. Высота надземной части растений пшеницы в варианте сконцентрацией препарата 10 % достигала 10,3 см, что на 1,2 см выше, чем в контрольном варианте (см. табл. 3). При использовании микробиологического препарата штамма SP-2 в концентрации 1 % достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 16,5 %.

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на высоту надземной части *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контрольные на 19,8 %, с концентрацией 1 % – 37,4 %, соответственно.

При изучении влияния микробиологических препаратов, содержащих новые штаммы *Azospirillum formosense* на длину корневой системы 8-суточных растений были полученные данные, представленные в табл. 4.

**Таблица 4.**  
**Влияние *Azospirillum formosense* на длину корневой системы 8-суточных растений пшеницы**

Варианты опыта	Длина корневой системы растений, см ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	длина, см	% к контролю	длина, см	% к контролю
Контроль	10,6 ± 0,03	100,0	10,6 ± 0,03	100,0
SP-1	10,9 ± 0,04 <sup>н/д</sup>	102,8	11,2 ± 0,05*	105,7
SP-2	11,7 ± 0,05*	110,4	12,3 ± 0,08**	116,0
SP-4	9,6 ± 0,02*	90,6	9,8 ± 0,05*	92,4
SP-5a	8,9 ± 0,04**	83,9	9,4 ± 0,07**	88,7
SP-23	12,8 ± 0,08**	120,8	13,9 ± 0,04**	131,1

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001.



Показано, что применение микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-1 в разных концентрациях не оказало достоверного влияния на длину корневой системы растений твердой пшеницы. Использование препарата, в состав которого входили штаммы *A. Formosense* SP-5а и SP-4 показало, что и высокая концентрация препарата (10 %) и концентрация препарата 1 % достоверно ингибировали рост корневой системы (см. табл. 4).

В опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 показано, что длина корневой системы пшеницы достоверно выше, чем в контрольных вариантах. Так, в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 31,1 %. Если в контрольном варианте длина корней составила 10,6 см, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 13,9 см.

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на длину корневой системы *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контрольные на 20,8 %, с концентрацией 1 % – 31,1 %, соответственно.

При анализе экспериментальных данных влияния микробиологического препарата со штаммами *Azospirillum formosense* SP-5а и SP-23 установлено, что обе концентрации не оказали достоверного влияния на массу сырого вещества надземной части растений твердой пшеницы. При использовании препаратов, в состав которого входили штаммы *A. Formosense* SP-5а и SP-23 показано, что и высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, и концентрация препарата 1 % – массу сырого вещества надземной части увеличилась (табл. 5.).

Таблица 5.

Влияние *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества надземной части 8-суточных растений пшеницы

Варианты опыта	Масса сырого вещества, г ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	масса, г	% к контролю	масса, г	% к контролю
Контроль	0,282 ± 0,01	100,0	0,282 ± 0,01	100,0
SP-1	0,289 ± 0,02 <sup>н/д</sup>	102,5	0,214 ± 0,03*	75,9
SP-2	0,211 ± 0,04**	74,8	0,307 ± 0,01*	108,9
SP-4	0,242 ± 0,02*	85,8	0,264 ± 0,06*	93,6
SP-5а	0,206 ± 0,03**	73,0	0,273 ± 0,02 <sup>н/д</sup>	96,8
SP-23	0,209 ± 0,04**	74,1	0,262 ± 0,05*	92,9

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001.

Препараты штаммов микроорганизмов *Azospirillum formosense* SP-2 оказали стимулирующее влияние на массу сырого вещества надземной части 8-суточных растений пшеницы, как при использовании концентрации 10 % SP-1 показал наилучший результат, а при концентрации 1 % – штамм SP-2. Масса сырого вещества надземной части пшеницы в варианте с концентрацией препарата 1 % достигала 0,307 г, что на 8,9 г выше, чем в контрольном варианте. При использовании микробиологического препарата, в составе которого штамм SP-1 в концентрации 10 %, достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 2,5 %. (см. табл. 5).

Таким образом, анализируя полученные нами данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества надземной части *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-2. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты не превышают контроль, а с концентрацией 1 % опытные варианты достоверно превышают контрольные в среднем на 8,9 %, соответственно.

При анализе экспериментальных данных влияния микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-1 установлено, что концентрация не оказала достоверного влияния на массу сырого вещества корневой системы растений пшеницы твердой. При изучении препарата, в состав которого входил штамм *A. formosense* SP-1 показано, что и высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, и концентрация препарата 1 % – массу сырого вещества корневой системы (табл. 6).

**Таблица 6**

**Влияние *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества корневой системы 8-суточных растений пшеницы**

Варианты опыта	Масса сырого вещества, г ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	масса, г	% к контролю	масса, г	% к контролю
Контроль	0,266 ± 0,03	100,0	0,266 ± 0,03	100,0
SP-1	0,213 ± 0,05**	80,1	0,234 ± 0,01*	87,9
SP-2	0,251 ± 0,03*	94,4	0,251 ± 0,04*	94,4
SP-4	0,268 ± 0,04 <sup>н/д</sup>	100,8	0,286 ± 0,03*	107,5
SP-5а	0,257 ± 0,03 <sup>н/д</sup>	96,6	0,214 ± 0,04**	80,5
SP-23	0,382 ± 0,04**	143,6	0,396 ± 0,05**	148,9

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средних; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001.

В опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 на массу сырого вещества корневой системы пшеницы достоверно выше, чем в контрольных вариантах.

Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 48,9 %. Если в контрольном варианте масса сырого вещества корневой системы составила 0,266 г, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 0,396 г (см. табл. 6).

Анализируя полученные нами данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества корневой системы *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты достоверно превышают контрольные на 43,6 %, с концентрацией 1 % – на 48,9 %, соответственно.

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества надземной части *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контроль на 15,6 %, а с концентрацией 1 % на – 24,5 %, соответственно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено положительное влияние новых штаммов *Azospirillum formosense* на рост и развитие *Triticum durum* Desf. на ранних этапах онтогенеза.
2. Инокуляция семян *Triticum durum* Desf. штаммом SP-23 *Azospirillum formosense* оказывает положительное действие на их прорастание. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть достоверно увеличиваются в среднем на 8,0–14,2 % у опытных вариантов по сравнению с контрольным.
3. Под влиянием штаммов SP-2 и SP-23 *Azospirillum formosense* показатели линейного роста *Triticum durum* Desf. у опытных вариантов превышают контрольные на 10,4 – 37,4 %.

*Работа выполнена на базе ЦКП «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»*

### Список литературы

1. Jain D. K. Root hair deformation, bacterial attachment and plant growth in wheat–*Azospirillum* association / D. K. Jain, D. G. Patriquin // Appl. Environ. Microbiol. – 1984. – V. 48. – P. 1208–1213.
2. Моргун В. В. Ростостимулирующие ризобактерии и их практическое применение / В. В. Моргун, С. Я. Коць, Е. В. Кириченко // Физиология и биохимия культурных растений, 2009. – Т.41, № 3. – С. 187–207.
3. Пасыпанов Г. С. Биологический азот: проблемы экологии и растительного белка / Пасыпанов Г. С. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – 268 с.
4. Михайловская Н. А. Влияние минерального питания на эффективность бактеризации овсяницы луговой *Azospirillum brasilense* В-4485 / Михайловская Н. А., Юрко Л. А. // Земляробства і аховараслін. – 2005. – № 6. – С. 15–16.

5. Петак А. И. Взаимоотношения бактерий рода *Klebsiella* с растением / Петак А. И., Контунович Г. Л., Козировская Н. А., Турияница А. И., Кардюм А. К // Биополимеры и клетка – 1995 – Т.4, № 6 – С. 75–80.
6. Фатина П. Н. Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве / П. Н. Фатина // Вестник АГТУ – 2007. – Т.39, №4. – С. 39–45.
7. ГОСТ 12038. Семена сельскохозяйственных культур, Методы определения всхожести. – Введ. 1986-07-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2011. – 64 с.
8. Третьяков Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н.Третьяков. – М.: Колос, 1990. – 283 с.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 354 с.

## **INFLUENCE OF *AZOSPIRILLUM FORMOSENSE* STRAINS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF *TRITICUM DURUM* DESF. AT THE EARLY STAGES OF ONTOGENESIS**

***Belousov V. V., Chmeleva S. I., Sidiyakin A. I., Dzheldubaeva E. R., Tumanyants K. N., Popova A. M.***

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

Due to the relevance of the search for biological products for agricultural biotechnology and plant physiology, which have an increased ability to associate with cultivated plants, intensive nitrogen fixation, as well as growth stimulation of strains of mycoorganisms of the genus *Azospirillum*, this work was to identify the effect of new strains of *Azospirillum formosense* on the growth and development of *Triticum durum* Desf. in the early stages of ontogeny

Seeds and plants of winter wheat variety Odari (*Triticum durum* Desf. CV /Odari/) served as the material for research. In accordance with the scheme of the experiment, the seeds were inoculated with *Azospirillum formosense* strains of microorganisms obtained from the rhizoplane of wild-growing cereals of the flora of the Republic of Crimea by employees of the NPO Biotekhsoyuz. The determination of morphometric parameters was carried out on the 4th and 8th days according to the methods generally accepted in plant physiology. As morphometric indicators, the following were studied: plant height, length of the root system, mass of raw substances

A positive effect of new strains of *Azospirillum formosense* on the growth and development of *Triticum durum* Desf. in the early stages of ontogeny.

Seed inoculation of *Triticum durum* Desf. strain SP-23 *Azospirillum formosense* has a positive effect on their germination. Germination energy and laboratory germination significantly increase on average by 8.0–14.2 % in the experimental variants compared to the control.

Under the influence of *Azospirillum formosense* strains SP-2 and SP-23, linear growth rates of *Triticum durum* Desf. in experimental variants they exceed the control ones by 10.4–37.4 %.

**Keywords:** *Azospirillum formosense*, seed germination energy, germination, morphometric parameters, ontogeny, *Triticum durum* Desf.

References

1. Jain D. K., Patriquin D. G. Root hair deformation, bacterial attachment and plant growth in wheat–Azospirillum association *Appl. Environ. Microbiol.*, **48**, 1208 (1984).
2. Morgun V. V., Kots S. Ya., Kirichenko E. V. Growth-promoting rhizobacteria and their practical application, *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, **41** (3), 187 (2009).
3. Posypanov G. S. Biological nitrogen: problems of ecology and vegetable protein, *M.: Izd-vo MKhA*, 268 p. (1993).
4. Mikhailovskaya N. A., Yurko L. A. Influence of mineral nutrition on the efficiency of bacterization of meadow fescue *Azospirillumbrasilense* B-4485, *Farming i ahovaraslin*, **6**, **15** (2005).
5. Petak A. I., Kontunovich G. L., Kozirovskaya N. A., Turyanitsa A. I., Kardyum A. K. Relationships of bacteria of the genus *Klebsiella* with a plant, *Biopolymers and cell*, **4** (6), 75 (1995).
6. Fatina P. N. The use of microbiological preparations in agriculture, *Vestnik ASTU*, **39** (4), 39 (2007).
7. GOST 12038. Seeds of agricultural crops, Methods for determining germination. Input. 1986-07-01. *M.: Gosstandart of Russia: Publishing house of standards*, 64 p. (2011).
8. Tretyakov N. N. Workshop on plant physiology, *M.: Ear*, 283 p. (1990).
9. Lakin G. F. Biometrics, 4th ed., trans. and additional, *M : Higher school*, 354 p. 1990.

**УДК 574.4:598.2**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-14-37**

## **ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ И ЛЕТНЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ РЕГИОНАЛЬНЫХ ООПТ НЯЗЕПЕТРОВСКОГО РАЙОНА (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Гашек В. А.<sup>1</sup>, Захаров В. Д.<sup>2</sup>, Красуцкий Б. В.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Международный аэропорт Челябинск (Баландино), Челябинск, Россия*

*<sup>2</sup>Ильменский государственный заповедник ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, Миасс, Россия*

*<sup>3</sup>Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия*

*E-mail: gashke\_va@mail.ru*

Предварительные списки летней фауны птиц Нязепетровского заказника и трех памятников природы, расположенных в одноименном р-не («Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями», «Шемахинское карстовое поле», «Дубовая роща в окрестностях села Шемаха»), составленные по итогам обследований в 2007, 2017, 2019 и 2020 гг., включают от 20 («Дубовая роща...») до 87 («Участок реки Уфа...») видов. В общей сложности зарегистрировано 103 вида. В группу доминантов по численности обследованных ООПТ в разные годы входили мухоловка-пеструшка, зяблик, лесной конек и зеленая пеночка. На участках лесосек в заказнике и в окрестностях памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями», находящихся на разных стадиях демулационных сукцессий, выявлено крайне низкое видовое разнообразие птиц. Из охраняемых видов гнездование подтверждено у сапсана и пёстрого дрозда, предполагается у обыкновенного осоеда, кулика-сороки, филина, обыкновенной горлицы. Отмечены редкие, не имеющие в настоящее время охранного статуса виды – большой крохаль, тетеревиатник, клинтух, обыкновенный зимородок, седой и белоспинный дятлы.

**Ключевые слова:** орнитофауна, доминанты, редкий вид, гнездование, заказник, памятник природы, Красная книга.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Орнитологические исследования на территориях региональных ООПТ приобретают особую актуальность в последние годы в связи с усиливающимся антропогенным прессом на их биоту. Рубки, в том числе высокой интенсивности, ведущиеся в заказниках и памятниках природы в нарушение природоохранного законодательства РФ и конкретных регионов, участившиеся пожары, перекраивание границ ООПТ в угоду добывающим компаниям и строительному бизнесу, изменяют ландшафтные характеристики охраняемых территорий, что, в свою очередь, приводит к преобразованию их орнитокомплексов.

Целью наших исследований было изучение фауны и населения птиц четырех ООПТ, расположенных в Нязепетровском районе, находящемся на крайнем северо-западе Челябинской области (рис. 1).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с физико-географическим районированием, территория Нязепетровского района расположена в провинции западных предгорий горно-лесной зоны Уральской горной страны, в подзоне сосново-лиственничных лесов с примесью елово-пихтовых [1, 2].

Леса района сильно нарушены рубками и пожарами, под воздействием которых коренные типы леса в значительной степени сменились на производные березовые, осиновые и низкопродуктивные широколиственные (преимущественно липовые) леса, обычно с примесью ели сибирской *Picea obovata*, пихты сибирской *Abies sibirica* и сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*. Среди лесов часто встречаются луговые поляны, покрытые мезофитными злаково-разнотравными лугами, в большинстве случаев имеющими послелесное происхождение [3].

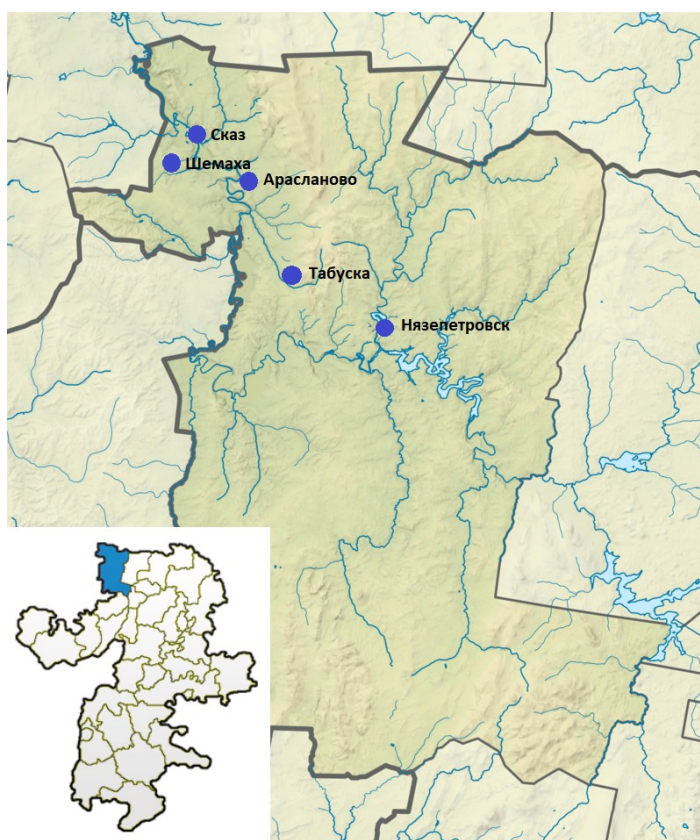


Рис. 1. Нязепетровский район на карте Челябинской области и местоположение ООПТ регионального значения: Нязепетровского государственного заказника (к северу от г. Нязепетровск и к востоку от пос. Табуска), памятников природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» (окр. с. Арасланово), «Шемахинское карстовое поле» (окр. пос. Сказ), «Дубовая роща в окрестностях села Шемаха» (окр. с. Шемаха).

Нязепетровский государственный охотничий заказник создан решением областного Совета народных депутатов в 1979 г. Описательные границы установлены решением областного Совета в 1988 г., в них площадь заказника составляла 23 тыс. га. Официальные границы Нязепетровского природного биологического заказника были утверждены постановлением Правительства Челябинской области только в 2021 г. (№ 507-П), в соответствии с которым его площадь сократилась на 36 %, составив 14 тыс. 660 га.

Территория заказника расположена в низкогорьях наиболее южной части Среднего Урала. В западной части заказника находится южная оконечность Бардымского хребта, с максимальной высотой 644 м (г. Сламь). Самая высокая точка в заказнике – г. Березовая (572,5 м над уровнем моря). Межгорные долины представляют широкие выположенные депрессии, по днищу которых проходят русла рек (часто с заболоченными участками), местами окаймленные невысокими скалами. Сочетание увалисто-холмистого рельефа с расположением данной территории на западном макросклоне Урала, где количество годовых осадков максимально для территории области, определяет хорошо развитую речную сеть района.

Поверхностные воды заказника представлены многочисленными реками и ручьями, самыми значительными из которых являются Нязя, Маниска, Кабанка, Табуска, Белая, Харланова. Все реки относятся к бассейну р. Уфа. Общая протяженность речной сети в заказнике – около 140 км.

На востоке территория заказника граничит с районом сосново-березовых лесов восточного склона Среднего Урала, на западе – с растительностью долины р. Уфа, за которой далее к западу начинается островная предуральская Месягутовская лесостепь. Основу растительного покрова заказника составляют южнотаежные темнохвойные леса из ели сибирской и пихты сибирской с более или менее значительной примесью березы повислой *Betula pendula*, осины *Pópulus trémula* и лиственницы *Larix sibirica*, местами также липы *Tilia cordata*, ильма *Úlmus glábra* и клена *Acer platanoides*. Они представлены злаково-разнотравными, зеленомошными, кисличными и крупнопоротниковыми типами леса с хорошо развитым подлеском и участием ряда неморальных видов в травяном ярусе. Широкое распространение на территории заказника имеют также сосновые и березово-сосновые леса (с примесью темнохвойных пород, березы, осины, лиственницы и липы), среди которых наиболее распространены травяные (в особенности злаково-разнотравные) типы леса. Леса заказника сильно пострадали от рубок и на значительных площадях сменились производными насаждениями (главным образом березовыми, осиново-березовыми и сосново-березовыми). Более половины лесов Нязепетровского заказника (57,2 %) в нарушение природоохранного законодательства РФ относятся к категории эксплуатационных, где допускаются все виды рубок, включая сплошные, остальные – к защитным лесам (42,8 %). При проведении рубок подрост практически не оставляется; очевидно, что в первую очередь изымается высокоценная деловая древесина; рубками захватываются территории водоохраных зон небольших рек, что приводит к уменьшению уровня воды в них и даже полному пересыханию и, как следствие, негативно отражается на численности редких видов рыб, птиц, млекопитающих [4, 5].



«Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным камнями» отнесен к памятникам природы областного значения в 1989 г. Площадь памятника – 687 га. Территория памятника представляет собой наиболее живописную часть реки Уфа между скалами Тимофеев и Зайкин камни. В этом месте река пробивает себе путь среди горного поднятия, соединяющего Бардымский хребет с Уфимским нагорьем. На протяжении 6–7 км река Уфа течет, несколько раз меняя направление на 180 градусов по течению, к реке круто обрываются скалы и утесы. В районе с. Арасланово к реке подходит сплошная каменная стена.

Уникальность памятника природы заключается в его географическом положении: практически рядом находится граница двух частей света – Европы и Азии. Здесь наблюдается флористический рубеж ареалов широколиственных европейских видов и сибирских флористических элементов черневой тайги. Леса на прилегающих к памятнику территориях также сильно пострадали от сплошных рубок.

Памятник природы «Шемахинское карстовое поле» расположен в окрестностях пос. Сказ. Статус ООПТ закреплен в 1989 г., ее площадь – 1,02 тыс. га. Территория памятника является одним из значительных по площади карстовых плат области, имеющим развитую подземную гидрографическую систему с одной из крупных в России подземных рек, протекающих в пещерах [6–9]. Шемахинское карстовое плато расположено на территории, где находится граница перехода в систему невысоких хребтов южной части Среднего Урала. Древний пенеплен в этом месте представлен пологими холмами и возвышенностями, разделенными карстово-эрозионными глубокими V-образными речными долинами и оврагами. Горы, в основном, с закругленными вершинами и пологими (до 20–30°) склонами. Склоны речных долин крутые, местами обрывистые (высотой от 5 до 30 м), часто скалистые, имеют несколько ярусов. Западные склоны хребта в районе расположения плато и само карстовое плато являются водосборным бассейном р. Шемаха (правого притока р. Уфа) [10].

«Дубовая роща в окрестностях села Шемаха» – памятник природы, созданный в 1969 г. Площадь памятника – 144 га. В составе лесных насаждений преобладают широколиственные породы (дуб черешчатый *Quercus robur*, клен платановидный, липа сердцелистная) в сопровождении березы повислой, которая в значительной степени снижает риск вымерзания дуба. Тем не менее, в отдельные годы дуб, находясь в Нязепетровском районе на восточной границе ареала, сильно страдает от зимних морозов и в периоды резкого понижения температур после зимне-весенних оттепелей. Проведенная нами визуальная оценка состояния древостоя показала, что деревья ослаблены, многие из них усыхают, средний диаметр опада равен или выше среднего диаметра насаждений, показатели жизнестойкости и семенной продуктивности растений низкие. На живых, ослабленных деревьях нередко присутствуют ксилотрофные грибы родов *Fomitiporia* Murrill (*F. robusta* (P. Karst.) Fiasson & Niemelä) и *Laetiporus* Murrill (*L. sulphureus* (Bull.) Murrill), на отпаде встречается *Daedalea quercina* (L.) Pers. Возобновление дуба слабое, подлесок состоит в основном из клена платановидного, липы сердцелистной *Tilia cordata* и рябины обыкновенной *Sorbus aucuparia*.

Орнитологические исследования в Нязепетровском заказнике проводили в периоды 15–18 июля 2007 г., 5–20 июня 2017 г. и 28 мая 2019 г. В 2019 г. – в его юго-восточной части при кратком обследовании участков лесосек. Памятник природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным камнями» обследовали 26 июня 2006 г., 26 мая – 2 июня 2019 и 7 – 27 июля 2020 гг., «Дубовая роща в окрестностях села Шемаха» – 29 мая 2019 и 17 июля 2020 гг., «Шемахинское карстовое поле» – 30 мая 2019 и 17 июля 2020 гг. Наблюдения вели визуально (с помощью биноклей) на пеших экскурсиях. Кроме того, птиц определяли по голосам, гнездам и останкам. Количественные учеты птиц проводили только на территории заказника в 2007 г. по общепринятой методике без ограничения учетной полосы [11]. На небольших по площади участках использовали сплошной учет с картированием встреч и токовых территорий. Помимо этого, поиск редких и малочисленных видов проводили на нефиксированных маршрутах в светлое время суток. Под термином «структура населения» мы понимали соотношение долей группировок в сообществе птиц [12].

Доминантами считали виды, доля которых от всех встреченных особей всех видов птиц составляла не менее 10 %.

Для распределения видов птиц по категориям относительного обилия придерживались шкалы В. П. Белика [13] в нашей модификации:

*Редкий* – встречен 1–2 раза за период исследований;

*Малочисленный* – встречен 3–5 раз за период исследований;

*Немногочисленный* – встречается регулярно, но не ежедневно;

*Обычный* – встречается 1–10 раз за дневную экскурсию;

*Многочисленный* – встречается более 10 раз за дневную экскурсию.

Достоверность гнездования определяли в соответствии с критериями, предложенными Комитетом Европейского Орнитологического Атласа – ЕОАС [14]. Гнездование считали доказанным при нахождении гнезд, яиц, выводков, наблюдении птиц с кормом для птенцов. Вероятным считали гнездование при наблюдении птиц, демонстрирующих элементы гнездового поведения (токование, спаривание, беспокойство у гнезд). Возможным считали гнездование при наблюдении птиц в гнездовой период на постоянных участках в подходящих для гнездования условиях.

Названия видов птиц и порядок их перечисления соответствуют «Списку птиц Российской Федерации» [15].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительный список видов летней фауны птиц четырех обследованных ООПТ Нязепетровского р-на приведен в таблице 1. В общей сложности за период 2007–2020 гг. на них было обнаружено 103 вида птиц. Наибольшее число видов (87) отметили на территории памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями», что можно объяснить самой большой продолжительностью проведенных здесь исследований, значительной площадью ООПТ, а также эффектом экотона (река – луговые сообщества, река – лес). Практически столько же видов (86) обнаружили на территории заказника. На

территориях памятников природы «Шемахинское карстовое поле» и «Дубовая роща в окрестностях села Шемаха» выявили 44 и 20 видов, соответственно. Столь малые показатели объясняются кратковременностью исследований и, как следствие, неполнотой выявления видового состава с одной стороны, малой площадью и однообразием биотопических условий территории «Дубовой рощи...» – с другой. Тем не менее, даже, несмотря на оставляющую желать лучшего степень изученности последних двух ООПТ, можно утверждать, что ядро гнездового населения обеих территорий выявлено достаточно полно.

Таблица 1.

**Предварительный список видов летней фауны птиц Нязепетровского заказника и памятников природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями», «Шемахинское карстовое поле», «Дубовая роща в окрестностях села Шемаха»**

Название вида	Нязепетровский заказник	«Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями»	«Шемахинское карстовое поле»	«Дубовая роща в окрестностях села Шемаха»
1	2	3	4	5
<i>Podiceps cristatus</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, мал	–	–	–
<i>Ardea cinerea</i> Linnaeus, 1758	гн, нм	пос, о	–	–
<i>Anas platyrhynchos</i> Linnaeus, 1758	–	пос, мал	–	–
<i>Mergus merganser</i> (Linnaeus, 1758)	–	гн, мал	–	–
<i>Pernis apivorus</i> Linnaeus, 1758	гн?, р	гн?, мал	–	–
<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	гн?, о	гн, о	гн?, о	пос, о
<i>Accipiter gentilis</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, р	–	–	–
<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	гн, о	гн, мал	–	–
<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)	гн, о	гн, о	гн, о	гн, о
<i>Falco peregrinus</i> Tunstall, 1771	гн, р	гн, р	–	–
<i>Falco subbuteo</i> Linnaeus, 1758	гн, р	гн в окрестностях, р	–	–

Продолжение таблицы 1

<i>Lirurus tetrix</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, р	–	–	–
<i>Tetrao urogallus</i> Linnaeus, 1758	ГН, о	ГН?, НМ	ГН?, НМ	–
<i>Tetrastes bonasia</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, о	ГН, о	ГН, о	–
<i>Grus grus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	ГН?, мал	–
<i>Porzana porzana</i> (Linnaeus, 1766)	–	пр?, мал	–	–
<i>Crex crex</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, о	ГН, о	–	–
<i>Vanellus vanellus</i> (Linnaeus, 1758)	ГН в окрест- ностях, р	–	–	–
<i>Haematopus ostralegus</i> Linnaeus, 1758	–	ГН, мал	–	–
<i>Tringa ochropus</i> Linnaeus, 1758	ГН, мал	ГН, о	–	–
<i>Actitis hypoleucos</i> Linnaeus, 1758	ГН, о	ГН, о	–	–
<i>Scolopax rusticola</i> Linnaeus, 1758	ГН, о	ГН, о	–	–
<i>Columba palumbus</i> Linnaeus, 1758	ГН?, р	ГН?, р	–	–
<i>Columba oenas</i> Linnaeus, 1758	ГН?, НМ	–	–	–
<i>Columba livia</i> J.F. Gmelin, 1789	ГН, в окрест- ностях, о	ГН, о	ГН в окрест- ностях, о	–
<i>Streptopelia turtur</i> (Linnaeus, 1758)	ГН?, р	–	–	–
<i>Cuculus canorus</i> Linnaeus, 1758	ГН, о	ГН, о	ГН, о	–
<i>Cuculus (saturatus) optatus</i> Gould, 1845	ГН, о	ГН, о	ГН, о	–
<i>Bubo bubo</i> (Linnaeus, 1758)	ГН?, р	–	–	–
<i>Asio flammeus</i> (Pontoppidan, 1763)	ГН, о	–	–	–
<i>Strix uralensis</i> Pallas, 1771	ГН?, р	–	–	–

ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ И ЛЕТНЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ...

Продолжение таблицы 1

<i>Caprimulgus europaeus</i> Linnaeus, 1758	гн, мал	гн, мал	–	–
<i>Apus apus</i> (Linnaeus, 1758)	гн, нм	пос, нм	пос, нм	–
<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)	–	гн? в окрестностях, р	–	–
<i>Jynx torquilla</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, р	гн, о	–	–
<i>Picus canus</i> J.F. Gmelin, 1788	гн?, р	гн, мал	–	–
<i>Dryocopus martius</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, мал	гн?, нм	гн, нм	–
<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	гн, о	гн, о	гн, о	гн, о
<i>Dendrocopos leucotos</i> (Bechstein, 1803)	гн?, р	–	–	–
<i>Dendrocopos minor</i> (Linnaeus, 1758)	–	гн?, мал	–	–
<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)	гн, нм	гн, о	–	–
<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus, 1758	гн, р	гн, о	–	–
<i>Anthus trivialis</i> (Linnaeus, 1758)	гн, мн	гн, о	гн, о	гн, мн
<i>Anthus hodgsoni</i> Richmond, 1907	гн, нм	гн?, р	–	–
<i>Motacilla cinerea</i> Tunstall, 1771	гн, нм	гн, нм	гн, мал	–
<i>Motacilla alba</i> Linnaeus, 1758	гн, о	гн, о	–	–
<i>Lanius collurio</i> Linnaeus, 1758	гн, р	гн в окрестностях, о	гн, нм	–
<i>Oriolus oriolus</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, мал	гн?, мал	–	–
<i>Sturnus vulgaris</i> , Linnaeus 1758	–	гн в окрестностях, мал	–	–
<i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, мал	гн?, мал	гн?, мал	–
<i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)	гн, нм	гн, нм	гн, нм	–

Продолжение таблицы 1

<i>Corvus (corone) cornix</i> Linnaeus, 1758	ГН, мал	ГН, НМ	ГН, НМ	–
<i>Corvus corax</i> Linnaeus, 1758	ГН, о	ГН, о	ГН, о	ГН?, о
<i>Prunella modularis</i> (Linnaeus, 1758)	ГН?, НМ	–	–	–
<i>Locustella fluviatilis</i> (Wolf, 1810)	ГН?, НМ	ГН, НМ	–	–
<i>Locustella naevia</i> (Boddaert, 1783)	–	ГН?, мал	–	–
<i>Acrocephalus dumetorum</i> Blyth, 1849	ГН, о	ГН, о	ГН, о	–
<i>Hippolais icterina</i> (Vieillot, 1817)	ГН?, мал	ГН, о	–	ГН, о
<i>Hippolais caligata</i> (M.N.K. Lichtenstein, 1823)	ГН?, р	ГН? в окрестностях, мал	–	–
<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus, 1758)	ГН?, НМ	ГН?, мал	ГН?, мал	–
<i>Sylvia borin</i> (Boddaert, 1783)	ГН, о	ГН, о	ГН, о	–
<i>Sylvia communis</i> Latham, 1787	ГН, НМ	ГН, НМ	–	–
<i>Sylvia curruca</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, НМ	ГН, НМ	–	–
<i>Phylloscopus trochilus</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, о	ГН, о	ГН, о	–
<i>Phylloscopus collybita</i> (Vieillot, 1817)	ГН, о	ГН, о	ГН, о	–
<i>Phylloscopus sibilatrix</i> (Bechstein, 1793)	ГН, р	ГН, НМ	–	ГН, НМ
<i>Phylloscopus trochiloides</i> (Sundevall, 1837)	ГН, МН	ГН, МН	ГН, МН	ГН, о
<i>Regulus regulus</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, НМ	–	ГН, НМ	–

ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ И ЛЕТНЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ...

Продолжение таблицы 1

<i>Ficedula hypoleuca</i> (Pallas, 1764)	ГН, о	ГН, о	ГН, МН	ГН, МН
<i>Ficedula (parva) parva</i> (Bechstein, 1794)	ГН, НМ	ГН, НМ	—	—
<i>Muscicapa striata</i> (Pallas, 1764)	ГН, НМ	ГН, о	ГН, о	ГН, о
<i>Saxicola rubetra</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, о	ГН, о	ГН, о	—
<i>Saxicola torquata</i> (Linnaeus, 1766)	ГН, НМ	ГН, НМ	—	—
<i>Oenanthe oenanthe</i> (Linnaeus, 1758)	—	ГН, мал	—	—
<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, о	ГН, о	ГН, о	ГН, о
<i>Phoenicurus ochruros</i> (S.G. Gmelin, 1774)	—	ГН, мал	—	—
<i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, о	ГН, о	ГН, о	ГН, о
<i>Luscinia luscinia</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, р	—	—	—
<i>Turdus pilaris</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, о	ГН, МН	—	ГН, о
<i>Turdus merula</i> Linnaeus, 1758	—	ГН, мал	—	—
<i>Turdus iliacus</i> Linnaeus, 1766	ГН, о	ГН, о	—	—
<i>Turdus philomelos</i> C.L. Brehm, 1831	ГН, о	ГН, НМ	ГН, НМ	ГН, о
<i>Turdus viscivorus</i> Linnaeus, 1758	ГН, мал	ГН, НМ	—	—
<i>Zoothera varia</i> (Pallas, 1811)	ГН?, мал	ГН в окрестностях, мал	ГН в окрестностях, мал	—
<i>Aegithalos caudatus</i> (Linnaeus, 1758)	ГН, НМ	ГН, НМ	ГН, о	—
<i>Parus montanus</i> Baldestein., 1827	ГН, о	ГН, о	ГН, о	—
<i>Parus ater</i> Linnaeus, 1758	ГН, мал	ГН, о	ГН, о	—

Продолжение таблицы 1

<i>Parus caeruleus</i> Linnaeus, 1758	–	гн?, мал	гн?, мал	гн, нм
<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	гн, о	гн, о	гн, о	гн, о
<i>Sitta europaea</i> Linnaeus, 1758	гн, нм	гн, о	гн, о	–
<i>Certhia familiaris</i> Linnaeus, 1758	гн, р	–	–	–
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	–	гн, о	–	–
<i>Passer montanus</i> (Linnaeus, 1758)	–	гн, о	–	–
<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus, 1758	гн, мн	гн, мн	гн, мн	гн, мн
<i>Fringilla montifringilla</i> Linnaeus, 1758	гн?, р	гн?, мал	–	–
<i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, мал	гн?, о	–	–
<i>Spinus spinus</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, мн	гн?, о	гн?, о	пос?, о
<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, о	гн?, о	гн?, о	–
<i>Acanthis cannabina</i> (Linnaeus, 1758)	–	гн?, мал	–	–
<i>Carpodacus erythrinus</i> (Pallas, 1770)	гн, о	гн, о	гн, о	гн, о
<i>Loxia curvirostra</i> Linnaeus, 1758	гн?, о	гн?, о	гн?, о	гн?, о
<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	гн?, о	гн?, нм	гн?, о	–
<i>Emberiza citrinella</i> Linnaeus, 1758	гн, о	гн, мал	гн, о	–
<b>Всего видов</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>44</b>	<b>20</b>

Условные обозначения: гн – вид гнездится; гн? – гнездование предполагается; пос – вид является посетителем данной ООПТ, залетая на ее территорию из окрестностей; о – вид обычен; нм – вид немногочислен; мал – вид малочислен; р – вид редок

Доминантами по численности в населении птиц памятника природы «Дубовая роща...» были мухоловка-пеструшка (21 %), зяблик (13 %) и лесной конек (11 %). В населении птиц памятника природы «Шемахинское карстовое поле» доминировали



зяблик (13 %) и зеленая пеночка (12 %); вплотную к группе доминантов примыкала мухоловка-пеструшка с долей 9 %. В населении птиц памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» наиболее многочисленными оказались рябинник (8 %), зеленая пеночка (7 %) и зяблик (7 %). В заказнике в 2007 г. доминировали зяблик (20 %) и лесной конек (16 %), значительную долю занимали пухляк (8 %) и зелёная пеночка (6 %); в 2017 преобладали зяблик (8 %), лесной конек (6 %) и пеночка-теньковка (5 %).

Вырубки на значительных площадях, находящихся на разных стадиях демулационных сукцессий, привели к проникновению степно-луговых видов в нарушенные лесные экосистемы. В особенности это отразилось на орнитофауне заказника и окрестностей памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями». Так, на этих территориях многочислен был канюк, обнаружены северная бормотушка и оба вида чеканов – луговой и черноголовый. На территории двух памятников – «Шемахинское карстовое поле» и «Участок реки Уфа...» отмечен обыкновенный жулан. Кроме того, на последнем найден обыкновенный сверчок, более обычный для лесостепного Зауралья и редкий для лесных районов [16]. На участках лесосек видовое разнообразие и численность птиц были крайне низкими; обилие гнездящихся видов не превышало нескольких особей на квадратный километр.

Масштабные рубки леса с преобладанием сплошных и проходных на территории заказника являются очевидным фактором негативного влияния на фауну и население птиц (особенно, на комплекс типично лесных видов). В юго-восточной его части, многие годы подвергавшейся значительному влиянию кошения и выпаса (урочище Долгая степь), в настоящее время из-за высокой степени задернения лес не восстанавливается вообще, хотя до хозяйственного освоения на этой территории был характерный зональный лесной покров. Несмотря на замещение лесных ландшафтов луговыми, обилие лесо-луговых и степно-луговых видов в заказнике на протяжении последних 15 лет продолжает оставаться крайне низким, а не возрастает, как можно было предположить. В то же время общая численность бореальных видов из-за сокращения лесов, соответственно, снижается.

Ниже мы приводим аннотированный список видов, обнаруженных на обследованных ООПТ и заслуживающих особого внимания – редких, внесенных в Красные книги РФ и Челябинской области и Приложения 3 к последней, а также нуждающихся во внесении в региональную Красную книгу, малочисленных в данной ландшафтной зоне и находящихся на границах ареалов.

Серая цапля *Ardea cinerea*. Широко распространена и сравнительно обычна в лесостепных и степных районах Южного Урала, в горных районах региона редкая пролетная и бродячая птица. На болотах и озерах горных р-нов и предгорий численность оценена в 0,5–1 особей/км<sup>2</sup> [16]. В Челябинской области гнездование серой цапли на деревьях – довольно редкое явление. Колония из 47 гнезд, расположенных на 22 соснах в старовозрастном сосняке на оз. Чебаркуль (северная лесостепь) существовала в 1990-е годы [17]. Колония, насчитывающая 14 гнезд, расположенных на соснах возле Рымникского водохранилища (степная зона)

просуществовала не более 2–3 лет в конце 1990-х гг. [18]. Поселение из трех пар обнаружили в Уйском заказнике (южная лесостепь) на соснах и лиственнице [19].

На окраине г. Нязепетровск (южная граница заказника) на облесенном склоне высокого правого берега р. Уфа в 200 м ниже устья р. Нязя (56°02' с.ш., 59°35' в.д.) существует колония, расположенная в елово-сосновом лесу с примесью лиственницы. В течение трех лет (2009–2011 гг.) численность цапель на данном участке возросла от 8 до 37 гнездящихся пар [20]. Во второй декаде июня 2017 г. мы насчитали в этой колонии 10–12 жилых гнезд, все они располагались на соснах [21]. Одиночные птицы и небольшие группы из 2–3 особей регулярно посещали «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» в периоды наших исследований в 2019 и 2020 гг.

**Большой крохаль** *Mergus merganser*. В последние годы на юге Западной Сибири вид стал редок, область распространения за прошедшее столетие сместилась к северу [22]. По нашему мнению, заслуживает внесения в региональную Красную книгу с категорией III (редкий вид).

Гнездится в небольшом числе на территории памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» и в его окрестностях: в 2020 г. мы отметили 3 выводка из 5, 9 и не менее 5 птенцов [23].

**Обыкновенный осоед** *Pernis apivorus*. Внесен в региональную Красную книгу (III категория) [24].

Летающих одиночных птиц дважды наблюдали в период 15–20 июня 2017 г. в западной и восточной частях Нязепетровского заказника [21]. Гнездование вида мы здесь предполагали и в 2007 г. на основании встреч одиночных птиц в гнездовой период. В 2006 г. несколько встреч произошло в окрестностях г. Нязепетровск [25]. Одиночных осоедов и пары (а, возможно, взрослого с молодым) регулярно встречали на территории памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» и в его окрестностях в 2020 г., что указывает на вероятное гнездование там как минимум одной пары [24].

**Тетеревятник** *Accipiter gentilis*. Внесен в Приложение 3 к Красной книге Челябинской области.

Взрослую птицу наблюдали в 2007 г. в западной части заказника.

**Сапсан** *Falco peregrinus*. Вид внесен в Красные книги РФ и Челябинской области [24, 26] с III категорией статуса.

Гнездится в южной части Нязепетровского заказника на известняковой скале левого берега р. Уфа [20, 21]. Гнездование пары на прибрежных скалах на территории памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями», предполагавшееся ранее [27], подтверждено нашими исследованиями в 2020 г. [23].

**Кулик-сорока** *Haematopus ostralegus*. Внесен в Красные книги РФ и Челябинской области (III категория).

Пару птиц с одним молодым ежедневно наблюдали в период исследований в 2020 г. на памятнике природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» [23]. В этом же месте в гнездовой период 2006 г. отмечали одиночную птицу [25] и беспокоящуюся пару, активно атакующую серых ворон [28].

**Обыкновенная горлица** *Streptopelia turtur*. Внесена в Красные книги РФ и Челябинской области со II категорией статуса.

В 2007 г., по нашим данным, была редким вероятно гнездящимся видом заказника. В более поздний период исследований мы не отмечали горлицу ни на одной из обследованных нязепетровских ООПТ.

**Клинтух** *Columba oenas*. Численность вида на территории европейской части России и на Урале в последние несколько десятилетий сильно сократилась [29–35, 19].

В 2007 г. мы нашли клинтуха немногочисленным вероятно гнездящимся видом Нязепетровского заказника. Впоследствии не отмечали ни на одной из нязепетровских ООПТ.

**Филин** *Bubo bubo*. Внесен в Красную книгу РФ и Челябинской области с III категорией статуса.

В 2007 г. крики филина мы слышали в западной части заказника. Позднее вид не встречен.

**Обыкновенный зимородок** *Alcedo atthis* Внесен в Приложение 3 к Красной книге Челябинской области.

За период исследований вид встречен только на участке р. Уфа в 3–4 км ниже по течению от с. Шемаха (в окрестностях памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями»). Птицу, вылетающую из-под края берегового обрыва, где, возможно, было гнездо, наблюдали 19 и 21 июля 2020 г. [23].

**Седой дятел** *Picus canus*. Вид отмечают на территории Челябинской области преимущественно в период сезонных кочевок [36–39]. Гнездовые находки в регионе единичны: в окрестностях с. Шемаха [25], и в Кыштымском гор. округе [40].

Взрослых одиночных птиц мы отмечали в июне 2017 г. в западной части Нязепетровского заказника [21]. Нераспавшийся выводок из двух молодых вместе со взрослыми птицами дважды (8 и 11 июля 2020 г.) наблюдали на участке обрывистого правого берега р. Уфа, поросшего смешанным лесом в окрестностях с. Арасланово Нязепетровского р-на [23]. Считаем необходимым внесение вида в Приложение 3 к региональной Красной книге.

**Белоспинный дятел** *Dendrocopos leucotos*. В последние 20–25 лет для многих регионов европейской части России вид указывается как малочисленный и редкий [41–55]. По данным орнитологических исследований на территории Нечерноземного центра России в 2009–2014 гг., этот дятел был включен в категорию VIII (виды, исключенные из списка редких гнездящихся видов, но требующие отдельного внимания к состоянию их популяций) [56].

Восточнее белоспинного дятла многие авторы также относят к категории редких и малочисленных. В заповеднике «Денежкин Камень» (Свердловская область) его считают чрезвычайно редким возможно гнездящимся видом [57]. В Пермском крае вид немногочислен в южных районах [58]. В национальном парке «Башкирия» это малочисленный оседлый вид мелколиственных и уремных лесов [59]. В Юганском заповеднике (Сургутский район Тюменской области) этот дятел редок [60].

В 1982–1997 гг. в горных районах Южного Урала был найден обычным на гнездовании в сосново-березовых (2–4), березовых (3–8) лесах и по пойменным зарослям (4–10) [16]. В Ильменском заповеднике с 1986 по 2010 гг. по данным зимних учетов также был обычен [61].

По нашим наблюдениям, на территории Челябинской области в последнее десятилетие вид стал повсеместно малочислен. По результатам учетов в 2007 г. был фоновым видом Нязепетровского заказника (обилие составляло 2,5 особей/км<sup>2</sup>). В период 2017–2020 гг. в Нязепетровском районе встречен нами единственный раз: самка держалась на участке леса в окрестностях заказника в 2017 г., где возможно гнездование вида в небольшом числе.

**Пятнистый конек** *Anthus hodgsoni*. На Южном Урале – редкий, спорадически гнездящийся вид [16]. Найден на гнездовании севернее г. Верх. Уфалей [61]. В 2006 г. в Нязепетровском р-не и Верхнеуфалейском гор. округе не встречен [25].

Нами найден обычным в заказнике, местами (на участках леса с большей сомкнутостью крон) преобладает над лесным коньком. Несомненно, гнездится: в 2017 и 2019 гг. повсеместно отмечали пение территориальных самцов. На территории памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» и в его окрестностях как в 2019, так и в 2020 гг. регистрировали визуальные встречи единичных взрослых птиц; предполагаем гнездование вида в небольшом числе.

**Лесная завирушка** *Prunella modularis*. Вид, распространенный в лесных регионах Европы с невыясненной восточной границей гнездования [63]. На Южном Урале – гнездящийся, перелетный и пролетный вид, сравнительно обычный в горных районах [16].

На участках елово-пихтовых насаждений Нязепетровского заказника с хорошо развитым подростом и подлеском в 2017 г. мы неоднократно наблюдали поющих самцов; вид немногочислен на его территории, несомненно, гнездится [21].

**Славка-черноголовка** *Sylvia atricapilla*. Вид более обычен в лесах горных районов Южного Урала; в лесостепном Зауралье сравнительно редок [16].

Пение территориального самца зарегистрировали на территории кластерного участка памятника природы «Шемахинское карстовое поле» в 2019 г. На «Участке реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» в 2020 г. встречали взрослых птиц и немногочисленных поющих самцов. Предполагаем гнездование вида в небольшом числе на обоих памятниках. В заказнике – немногочисленный несомненно гнездящийся вид: в разных его частях отмечали пение территориальных самцов [21]. В 2006 г. черноголовка была найдена обычной на территории Нязепетровского р-на и Верхнеуфалейского ГО [25].

**Пеночка-трещотка** *Phylloscopus sibilatrix*. Вид распространен в Европе до юго-западных предгорий Урала [64]. Сообщения о гнездовых находках к востоку от Урала единичны [63]. Найден на гнездовании в Ильменском заповеднике [65].

В западной части Нязепетровского заказника в 2017 г. наблюдали активно поющего территориального самца [21]. В хвойно-широколиственном лесу по правому берегу р. Уфа в окрестностях с. Арасланово на территории памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» в 2019 г. мы отметили 3 самцов, опевающих свои участки. Поющего территориального самца наблюдали в 2019 г. на участке дубово-березовых насаждений памятника природы «Дубовая роща...». Вид, несомненно, гнездится в небольшом числе на всех перечисленных ООПТ.

**Малая мухоловка** *Ficedula (parva) parva*. Относительно обычный вид широколиственных, темнохвойно-широколиственных и приречных местообитаний западного макросклона Южного Урала [16]. В целом на Урале и в Западной Сибири немногочислен или редок [63].

На территории заказника и памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» в 2017, 2019 и 2020 гг. мы отмечали пение немногочисленных территориальных самцов на участках темнохвойного и темнохвойно-широколиственного леса. Несомненно, гнездится.

**Горихвостка-чернушка** *Phoenicurus ochruros gibraltariensis*. Активно расселяясь на северо-восток, вид с 1990-х гг. все чаще регистрируется на Урале и в Западной Сибири [63].

В с. Арасланово, примыкающем к памятнику природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями», на основании встреч локально поющего территориального самца и самки с кормом для птенцов предполагаем гнездование минимум двух пар [66].

**Чёрный дрозд** *Turdus merula*. Европейский вид. Постепенно расселяясь на север и восток [63], вид с конца 1990-х гг. стал регулярно встречаться в Ильменском заповеднике, где в 2001 г. впервые был найден на гнездовании [16]. В 2006 г. в Нязепетровском районе черного дрозда нашли обычным; в пойме р. Уфа у с. Шемаха обнаружили гнездо с одним яйцом [25].

Из всех обследованных ООПТ района мы встречали этот вид лишь на территории памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» и в его окрестностях в 2020 г., где он был малочислен; наблюдали беспокойство взрослых птиц с кормом для птенцов и нераспавшиеся выводки.

**Пестрый дрозд** *Zootera varia*. Внесен в Красную книгу Челябинской области (V категория).

Немногочисленный несомненно гнездящийся вид заказника [21, 23]. Слетков и нераспавшиеся выводки встречали в 2020 г. в окрестностях памятников природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» и «Шемахинское карстовое поле».

**Коноплянка** *Acanthis cannabina*. Европейский вид, широко распространенный на территории Европейской части России, относительно обычный в лесостепи и на юге лесной зоны Приуралья, более редкий далее к северу и востоку, с неравномерным распределением; восточная граница ареала проходит по Тюмени [64, 63]. Изученность вида в восточной части ареала довольно слабая.

В 2020 г. парочки и небольшие группы мы неоднократно встречали в окрестностях памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» (на окраинах с. Арасланово и одноименной ж/д станции) [67], где вид, несомненно, гнездится в небольшом числе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всего на четырех ООПТ Нязепетровского района и в их ближайших окрестностях за период 2007–2020 гг. зарегистрировали 103 вида птиц. Наибольшее число видов (86 и 87, соответственно) отметили на территориях заказника и

памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями». На территориях памятников природы «Шемахинское карстовое поле» и «Дубовая роща в окрестностях села Шемаха» выявили 44 и 20 видов, соответственно.

Видовое разнообразие и численность птиц на участках лесосек в заказнике и в окрестностях памятника природы «Участок реки Уфа между Тимофеевым и Зайкиным Камнями» оказались крайне низкими: из гнездящихся видов обнаружены виды лесо-луговых и степно-луговых сообществ с обилием, не превышающим нескольких особей на квадратный километр. Масштабные рубки леса на этих ООПТ привели к сокращению общей численности бореальных видов.

Из охраняемых видов на обследованных ООПТ на гнездовании были зарегистрированы (или гнездование предполагалось) обыкновенный осоед, сапсан, кулик-сорока, обыкновенная горлица, филин и пестрый дрозд. Среди видов, внесенных в Приложение 3 к Красной книге Челябинской области, отмечены тетеревиный и обыкновенный зимородок.

### Список литературы

1. Андреева М. А. География Челябинской области. Учебное пособие для учащихся 7–9 классов основной школы / М. А. Андреева, А. С. Маркова / Челябинск. Южно-Уральское кн. изд-во, 2002. – 320 с.
2. Колесников Б. П. Очерк растительности Челябинской области в связи с ее геоботаническим районированием / Б. П. Колесников // Флора и лесная растительность Ильменского государственного заповедника им. В. И. Ленина. Труды Ильменского гос. заповедника им. В. И. Ленина. Свердловск: УФАН СССР, 1961. – Вып. 8. – С. 105–129.
3. Куликов П. В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения) / П. В. Куликов / Екатеринбург; Миасс: Геотур, 2005. – 537 с.
4. Гашек В. А. Особенности развития региональных особо охраняемых природных территорий в челябинской области / В. А. Гашек, Б. В. Красуцкий // Экология XXI века: синтез образования и науки. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Челябинск, 2020. – С. 131–136.
5. Проблемы охраны окружающей среды и сохранения лесов на региональных ООПТ Челябинской области / Л. П. Власова, В. А. Гашек, Б. В. Красуцкий, Н. М. Самойлова // Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества. Материалы Международной научно-практической конференции. Челябинск, 2019. – С. 299–307.
6. Чикишев А. Г. Пещеры на территории СССР / Чикишев А. Г. – Разделы «Районирование пещер», «Подземные ландшафты» – М.: Наука, 1973. – 137 с.
7. Лавров И. А. Пещеры Урала и Приуралья (Уральская спелеологическая страна: Западно-Уральская спелеологическая провинция: Средняя спелеологическая область: Спелеологический район Уфимского амфитеатра) / И. А. Лавров, В. Н. Андрейчук // Пещеры. Итоги исследований. Межвузовский сборник научных трудов. Пермский государственный университет, Институт карстоведения и спелеологии. Пермь: Пермский государственный университет, 1993. – Вып. 23–24. – С. 6–9.
8. Челябинская область // Большая российская энциклопедия: (в 35 т.) / гл. ред. Ю. С. Осипов / М.: Большая российская энциклопедия. – 2004–2017.
9. Челябинская область в цифрах. Статистический справочник // Челябинск: Челябинский областной комитет государственной статистики. – 2005. – С. 12, 18.
10. Баранов С. М. Шемахинское карстовое плато – состояние изученности и перспективы дальнейших исследований / С. М. Баранов // Спелеология и спелестология. – 2013. – № 4. – С. 87–92.
11. Равкин Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов / Ю. С. Равкин // Природа очагового энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. – С. 66–75.
12. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко – М.: Наука, 1982. – 282 с.

13. Белик В. П. Птицы степного Придонья: формирование фауны, ее антропогенная трансформация и вопросы охраны / В. П. Белик. – РГПУ, Ростов-на-Дону, 2000. – 376 с.
14. The EBCC Atlas of European breeding birds: Their distribution and abundance / ed. by W. J. M. Hegemeijer [et al.]. London: Europ. Bird Census Council, 1997. – 903 p.
15. Коблик Е. А. Список птиц Российской Федерации / Е. А. Коблик, Я. А. Редькин, В. Ю. Архипов / М.: КМК, 2006. – 256 с.
16. Захаров В. Д. Птицы Южного Урала (видовой состав, распространение, численность) / В. Д. Захаров – Екатеринбург; Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2006. – 228 с.
17. Захаров В. Д. Колониальное гнездование серой цапли (*Ardea cinerea*) в Челябинской области / В. Д. Захаров, Н. Н. Мигун // Фауна и экология птиц Челябинской области. – Миасс, 1996. – С. 36.
18. Гашек В. А. К орнитофауне юга Челябинской области / В. А. Гашек // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 1999. – Вып. 4. – С. 74.
19. Гашек В. А. Итоги орнитологических исследований в степных и лесостепных районах Челябинской области в 2018 году / В. А. Гашек, Б. В. Красуцкий, А. В. Рябицев // Фауна Урала и Сибири. – 2019. – № 1. – С. 128–141.
20. Пространственная структура моновидовой колонии серых цапель (*Ardeidae*, Aves) в западном предгорье Среднего Урала / И. П. Чухарева, Н. Е. Артемьев, Н. В. Вобищевич, Р. П. Грачев // Поволжский экологический журнал. – 2015. – № 2. – С. 228–238.
21. Гашек В. А. К авифауне южного Зауралья / В. А. Гашек, Б. В. Красуцкий, А. В. Рябицев // Фауна Урала и Сибири. – 2018. – № 1. – С. 155–162.
22. Тарасов В. В. Состояние фауны гусеобразных юга Западной Сибири на рубеже 20 и 21 веков / В. В. Тарасов // Казарка: бюллетень рабочей группы по гусеобразным Северной Евразии. – 2009. – С. 121–143.
23. Гашек В. А. Новые материалы к распространению редких видов птиц Челябинской области / В. А. Гашек, Б. В. Красуцкий // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – № 7 (3). – С. 3–29.
24. Красная книга Челябинской области. Животные, растения, грибы. – 2017. – М.: «Реарт». – 504 с.
25. Рябицев В. К. К фауне птиц северо-запада Челябинской области / В. К. Рябицев, А. Г. Ляхов, Л. В. Коршиков // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2006. – Вып. 11. – С. 176–184.
26. Красная книга Российской Федерации. Животные. – 2021. – Издание 2-е. – ВНИИ Экология, Москва. – 1128 с.
27. Захаров В. Д. Некоторые итоги полевого сезона 2013 года в Челябинской области / В. Д. Захаров, П. Е. Бруснянин // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2013. – Вып. 18. – С. 43–46.
28. Захаров В. Д. Дополнения к встречам редких видов птиц в Челябинской области / В. Д. Захаров // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. 2006. – Вып. 11. – С. 121–122.
29. Белик В. П. О катастрофическом снижении численности восточноевропейской популяции клинтуха / В. П. Белик // Редкие, исчезающие и малоизученные птицы России. – 2000. – С. 85–90.
30. Иванчев В. П. Заметки по фауне птиц юга Рязанской области / В. П. Иванчев, Н. Н. Николаев // Мониторинг редких видов животных и растений и среды их обитания в Рязанской области. Рязань, 2008. – С. 326–328.
31. Багаутдинова З. Т. Птицы Башкирского заповедника / З. Т. Багаутдинова // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2003. – Вып. 8. – С. 8–26.
32. Коровин В. А. Птицы бассейна реки Большой Черной (Средний Урал) / В. А. Коровин, Т. А. Сулова // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2005. – Вып. 10. – С. 140–154.
33. Рябицев В. К. К фауне птиц северо-востока Челябинской области / В. К. Рябицев // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2008. – Вып. 13. – С. 90–98.
34. Тарасов В. В. Материалы по фауне птиц юго-западной части Курганской области / В. В. Тарасов, А. А. Байнов // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2009. – Вып. 14. – С. 198–224.

35. Тарасов В. В. Птицы Октябрьского района Челябинской области / В. В. Тарасов, С. В. Грачёв // Фауна Урала и Сибири. – 2016. – № 2. – С. 191–204.
36. Ерёмченко И. Н. Зимняя орнитофауна Челябинска / И. Н. Ерёмченко, В. Е. Поляков // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2003. – Вып. 8. – С. 88–92.
37. Коровин В. А. Птицы северных окраин и окрестностей Екатеринбурга (по дневникам наблюдений Ю. К. Гусева) / В. А. Коровин // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – 2009. – Вып. 14. – С. 66–86.
38. Мурадов О. В. Сравнительная характеристика авифауны осенне-зимнего периода 2008–2009 гг. рек Сим и Миньяр / О. В. Мурадов, А. Ф. Маматов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – Т. 6, № 100. – С. 261–263.
39. Попов Е. А. Встречи редких птиц в Челябинской области в 2017 году / Е. А. Попов, М. Е. Рассомахина // Фауна Урала и Сибири. – 2017. – № 2. – С. 173–177.
40. Попов Е. А. Встречи редких птиц в Челябинской области в 2019 году / Е. А. Попов, М. Е. Рассомахина // Фауна Урала и Сибири. – 2019. – № 2. – С. 178–183.
41. Позвоночные животные Липецкой области и их охрана. / В. Ю. Недосекин, С. М. Климов, В. С. Сарычев, В. Н. Александров / Липецк. – 1996. – 80 с.
42. Нумеров А. Д. Класс птицы Aves / А. Д. Нумеров // Природные ресурсы Воронежской области. Позвоночные животные. Кадастр. Воронежский гос. ун-т. Воронеж: ВГУ, 1996. – С. 48–159.
43. Соколов А. С. Новые сведения о некоторых редких видах птиц Тамбовской области / А. С. Соколов, Г. А. Лада // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. – 2000. – Т. 5, № 1. – С. 65–74.
44. Логинов С. Б. Новые материалы по редким видам птиц Тверской области / С. Б. Логинов // Вестник Тверского ун-та. Серия биология и экология. – 2007. – № 5. – С. 107–112.
45. Иванчев В. П. К экологии клинтуха *Columba oenas*: оценка состояния в Окском заповеднике / В. П. Иванчев // Современное состояние природных комплексов и объектов Окского заповедника и некоторых районов европейской части России. – 2000. – Рязань. – С. 71–88.
46. Толстенков О. О. Новые данные о редких и малоизученных птицах юго-востока Ленинградской области / О. О. Толстенков, Д. М. Очагов // Орнитология. – 2008. – № 35. – С. 97–104.
47. Спиридонов С. Н. Птицы республики Мордовия: видовой состав, характер пребывания, относительная численность / С. Н. Спиридонов, А. С. Лапшин, Г. Ф. Гришуткин // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. – 2013. – № 11. – С. 218–227.
48. Голубев С. В. Материалы авифаунистического обследования национального парка «Плещеево озеро» (юг Ярославской области) / С. В. Голубев, А. А. Русинов // Русский орнитологический журнал. – 2014. – Т. 23, № 973. – С. 597–633.
49. Бакка С. В. Позвоночные животные Керженского заповедника (аннотированный список) / С. В. Бакка, Н. Ю. Киселева, Л. Н. Одрова // Труды государственного природного биосферного заповедника «Керженский», 2015. – С. 6–59.
50. Околелов А. Ю. Регистрация редких видов птиц в рамках поквартного обследования территории Тамбовской области / А. Ю. Околелов, А. П. Иванов, И. Н. Карташов // Проблемы сохранения биологического разнообразия Центрально-Черноземного региона. Липецк. – 2016. – С. 36–39.
51. Вышегородских Н. В. Анализ состояния фауны позвоночных животных Орловской области и проблемы ее сохранения / Н. В. Вышегородских // Природные ресурсы Центрального региона России и их рациональное использование: Материалы Международной научно-практической конференции. Орёл, 28 ноября 2017 года. Орёл: Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, 2017. – С. 6–12.
52. Беляев Д. А. Редкие и интересные встречи птиц в национальном парке «Смоленское Поозерье» в 2017 году / Д. А. Беляев // Русский орнитологический журнал. – 2018. – Т. 1593, № 27. – С. 1659–1667.
53. Бардин А. В. Птицы Псковской области: аннотированный список видов / А. В. Бардин, С. А. Фетисов // Русский орнитологический журнал. – 2019. – Т. 28, № 1733. – С. 731–789.
54. Черенков С. Е. Фаунистический состав, фенология и гнездовая плотность птиц спелых елово-широколиственных лесов заповедника «Кологривский лес» (Костромская область) / С. Е. Черенков // Русский орнитологический журнал. – 2020. – Т. 29, № 1978. – С. 4435–4459.



55. Аннотированный список птиц Тверской области с изменениями и дополнениями по состоянию на январь 2021 года / Д. В. Кошелев, А. В. Зиновьев, А. А. Виноградов [и др.] // Русский орнитологический журнал. – 2021. – Т. 30, № 2031. – С. 503–549.
56. Список редких гнездящихся видов птиц Нечерноземного центра России (по данным на 2014 год) / А. В. Шариков, О. В. Суханова, М. В. Калякин [и др.] // Орнитология. – 2015. – № 39. – С. 75–86.
57. Ливанов С. Г. Видовой состав и численность позвоночных животных заповедника «Денежкин Камень» / С. Г. Ливанов, Н. Н. Ливанова, А. Е. Квашнина // Мат-лы юбилейной научно-практич. конф., посвящ. 80-летию Окского гос. природн. биосферн. заповедника «Роль заповедников России в сохранении и изучении природы» (7–10 сентября 2015 г., пос. Брыкин Бор Рязанской области) / Труды Окского заповедника. Рязань, 2015. – Вып. 34. – С. 17–24.
58. Шепель А. И. Видовое разнообразие наземных позвоночных Пермского края / А. И. Шепель // Геоэкологические проблемы Приуралья: материалы X летней студенческой школы-семинара. Пермский государственный национальный исследовательский университет. – 2012. – С. 27–53.
59. Торгашов О. А. Птицы национального парка «Башкирия» / О. А. Торгашов // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и в Западной Сибири. – 2003. – Вып. 8. – С. 213– 241.
60. Стрельников Е. Г. Птицы Юганского заповедника и сопредельных территорий / Е. Г. Стрельников // Русский орнитологический журнал. – 1998. – Т. 7, № 51. – С. 3–22.
61. Захаров В. Д. Многолетняя динамика зимнего населения лесных птиц Ильменского заповедника / В. Д. Захаров // Экология. – 2018. – № 4. – С. 299–305.
62. Рябицев В. К. К фауне птиц крайнего севера Челябинской области / В. К. Рябицев // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и в Западной Сибири. – 1998. – Вып. 3. – С. 159– 160.
63. Рябицев В. К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: справочник-определитель / В. К. Рябицев – Екатеринбург, 2008. – 634 с.
64. Воробьиные. Птицы Советского Союза. / Под общей редакцией Г. П. Дементьева и Н. А. Гладкова. – Т. 5. Москва: «Советская Наука», 1954. – 804 с.
65. Зубцовский Н. Е. Структура и динамика населения птиц лесных биогеоценозов Ильменского заповедника / Н. Е. Зубцовский, В. Н. Гурьев // Структурно-функциональные взаимосвязи в биогеоценозах Южного Урала. – Свердловск, 1979. – С. 3–34.
66. Гашек В. А. К распространению горихвостки-чернушки *Phoenicurus ochruros* на Урале и в Западной Сибири / В. А. Гашек, В. Д. Захаров // Русский орнитологический журнал. – 2020. – Т. 29, № 1978. – С. 4462–4469.
67. Гашек В. А. Биоэкологические особенности коноплянки *Acanthis cannabina* (Linnaeus, 1758) на естественных и урбанизированных территориях Челябинской области / В. А. Гашек // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. – 2020. – № 5 (79). – С. 5–15.

**FEATURES OF FAUNA AND SUMMER BIRD POPULATION OF REGIONAL  
PROTECTED AREAS OF THE NYAZEPETROVSKY DISTRICT  
(CHELYABINSK REGION)**

*Gashek V. A.<sup>1</sup>, Zakharov V. D.<sup>2</sup>, Krasutskiy B. V.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Chelyabinsk international airport, Chelyabinsk, Russia*

<sup>2</sup>*Ilmen State Reserve, Miass, Chelyabinsk region, Russia*

<sup>3</sup>*Chelyabinsk state University, Chelyabinsk, Russia*

*E-mail: gashek\_va@mail.ru*

Preliminary lists of the summer bird fauna of the Nyazepetrovsky reserve and three natural monuments located in the district of the same name («The section of the Ufa River between Timofeev and Zaikin Stones», «Shamakhi karst field», «Oak Grove in the vicinity of the village of Shamakhi»), compiled based on the results of surveys in 2007,

2017, 2019 and 2020, include from 20 («Oak Grove...») to 87 («Section of the Ufa River...») species. A total of 103 species have been recorded. The group of dominants in terms of the number of surveyed protected areas in different years included Chaffinch, Tree Pipit and Greenish Warbler. In the areas of cutting areas in the reserve and in the vicinity of the natural monument «Section of the Ufa River between Timofeev and Zaikin Kamni», which are at different stages of demutational successions, extremely low species diversity and abundance of birds were revealed; the abundance of nesting species did not exceed a few individuals per square kilometer. Large-scale logging with a predominance of clear and passing forests on the territory of the reserve is an obvious factor in the negative impact on the fauna and bird population (especially on the complex of typical forest species). Despite the replacement of forest landscapes by meadow landscapes, the abundance of forest-meadow and steppe-meadow species in the reserve over the past 15 years continues to be extremely low, and does not increase, as might be expected. At the same time, the total number of boreal species is decreasing due to deforestation.

Of the protected species, nesting has been confirmed in Peregrine Falcon and White's Thrush, it is assumed by indirect signs in European Honey-buzzard, Eurasian Oystercatcher, Eurasian Eagle-owl, and European Turtle-dove. Rare species that do not currently have a protected status have been noted – Common Merganser, Northern Goshawk, Stock Pigeon, Common Kingfisher, Grey-headed Woodpecker and White-backed Woodpecker.

**Keywords:** avifauna, dominant species, rare species, nesting, reserve, natural monument, Red Data Book.

#### References

1. Andreeva M. A., Markova A. S. *Geography of the Chelyabinsk region. Textbook for students in grades 7–9 of basic school*, 320 p. (South Ural book. publishing house, Chelyabinsk, 2002).
2. Kolesnikov B. P. Essay on the vegetation of the Chelyabinsk region in connection with its geobotanical zoning, *Flora and forest vegetation of the Ilmensky State Reserve named after Lenin Lenin*, Proceedings of the Ilmensky state, Sverdlovsk: UFAN USSR, **4**, 105 (1961).
3. Kulikov P. V. *Synopsis of the flora of the Chelyabinsk region (vascular plants)*, 537 p. (Yekaterinburg; Miass: Geotour, 2005).
4. Gashek V. A., Krasutsky B. V. Features of the development of regional specially protected natural areas in the Chelyabinsk region, *Ecology of the XXI century: synthesis of education and science. Materials of the VI International Scientific and Practical Conference (South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, 2020)*, p. 131.
5. Vlasova L. P., Gashek V. A., Krasutsky B. V., SamoiloVA N. M. Problems of environmental protection and forest conservation in regional protected areas of the Chelyabinsk region, *Geographic space: balanced development of nature and society. Materials of the International scientific-practical conference («Kray Ra», Chelyabinsk, 2019)*, p. 299.
6. Chikishev A. G. Caves on the territory of the USSR, *Sections "Zoning of caves", "Underground landscapes"* 137 p. (M.: Nauka, 1973).
7. Lavrov I. A. Caves of the Urals and the Urals (Ural speleological country: West Ural speleological province: Middle speleological region: Speleological area of the Ufa amphitheatre), *Caves. Research results. Interuniversity collection of scientific papers*, **23–24** (Perm State University, Institute of Karst and Speleology. Perm: Perm State University, 1993), p. 6.
8. Chelyabinsk region, *Great Russian encyclopedia: (in 35 volumes)*, editor-in-chief Yu. S. Osipov, (M.: Great Russian Encyclopedia, 2004–2017).

9. Chelyabinsk region in numbers, *Statistical reference book*, Chelyabinsk: Chelyabinsk regional committee of state statistics, p. 12, 18 (2005).
10. Baranov S. M. Shamakhi karst plateau – state of knowledge and prospects for further research *Speleology and speleology*, **4**, 87 (2013).
11. Ravkin Yu. S. To the method of accounting for birds in forest landscapes, *The nature of focal encephalitis in Altai*, 66, (1967).
12. Pesenko Yu. A. *Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies*, 282 p., (M.: Nauka, 1982).
13. Belik V. P. *Birds of the steppe Don region: the formation of the fauna, its anthropogenic transformation and conservation issues*, 376 p. (RSPU, Rostov-on-Don, 2000).
14. The EBCC Atlas of European breeding birds: Their distribution and abundance / ed. by W. J. M. Hegemeijer [et al.]. London: Europ. Bird Census Council, 1997. 903 p.
15. Koblik E. A., Redkin Ya. A., Arkhipov V. Yu. *List of birds of the Russian Federation*, 281 p. (Moscow, 2006).
16. Zakharov V. D. *Birds of the Southern Urals (species composition, distribution, number)*, 228 p. (Ekaterinburg, Miass, 2006).
17. Zakharov V. D., Migun N. N. Colonial nesting of the Grey Heron (*Ardea cinerea*) in the Chelyabinsk region, *Fauna and ecology of birds of the Chelyabinsk region* (Miass, 1996), p. 36.
18. Gashek V. A. To the avifauna of the south of the Chelyabinsk region, *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and Western Siberia*, **4**, 74 (1999).
19. Gashek V. A., Krasutsky B. V., Ryabitsev A. V. The results of ornithological research in the steppe and forest-steppe regions of the Chelyabinsk region in 2018, *Fauna of the Urals and Siberia*, **1**, 128 (2019).
20. Chukhareva I. P., Artemiev N. E., Vobishchevich N. V., Grachev R. P. Spatial structure of a monospecific colony of Grey Heron (*Ardeidae*, Aves) in the western foothills of the Middle Urals, *Povolzhsky ecological journal*, **2**, 228 (2015).
21. Gashek V. A., Krasutsky B. V., Ryabitsev A. V. To the avifauna of the Southern Trans-Urals, *Fauna of the Urals and Siberia*, **1**, 155 (2018).
22. Tarasov V. V. State of the geese fauna in the South of Western Siberia at the turn of the 20th and 21st centuries, *Kazarka: Bulletin of the working group on geese of Northern Eurasia*, 121 (2009).
23. Gashek V. A., Krasutsky B. V. New materials on the distribution of rare bird species in the Chelyabinsk region, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*, **7** (3), 3 (2021).
24. Red Data Book of the Chelyabinsk Region. Animals, plants, mushrooms, 504 p. (Limited Liability Company "Reart", Moscow, 2017).
25. Ryabitsev V. K., Lyakhov A. G., Korshikov L. V. To the bird fauna of the North-West of the Chelyabinsk region, *Materials for the distribution of birds in the Urals, the Urals and Western Siberia*, **11**, 176 (2006).
26. Red Data Book of the Russian Federation, Animals. 2-nd edition, 1128 p. (FGBU "VNII Ecology", Moscow, 2021).
27. Zakharov V. D., Brusyanin P. E. Some results of the 2013 field season in the Chelyabinsk region, *Materials for the distribution of birds in the Urals, the Urals and Western Siberia*, **18**, 43 (2013).
28. Zakharov V. D. Additions to the meetings of rare bird species in the Chelyabinsk region, *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and Western Siberia*, **11**, 121 (2006).
29. Belik V. P. On the catastrophic decline in the number of the East European Stock Pigeon population, *Rare, endangered and poorly studied birds of Russia*, 85 (2000).
30. Ivanchev V. P., Nikolaev N. N. Notes on the bird fauna of the south of the Ryazan region, *Monitoring of rare species of animals and plants and their habitat in the Ryazan region* (Ryazan, 2008). p. 326.
31. Bagautdinova Z. T. Birds of the Bashkir Reserve, *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and Western Siberia*, **8**, 8 (2003).
32. Korovin V. A., Suslova T. A. Birds of the basin of the Bolshaya Chernaya River (Middle Urals), *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and Western Siberia*, **10**, 140 (2005).
33. Ryabitsev V. K. To the bird fauna of the North-East of the Chelyabinsk region, *Materials for the distribution of birds in the Urals, the Urals and Western Siberia*, **13**, 90 (2008).
34. Tarasov V. V., Bainov A. A. Materials on the bird fauna of the southwestern part of the Kurgan region, *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and Western Siberia*, **14**, 198 (2009).

35. Tarasov V. V., Grachev S. V. Birds of the Oktyabrsky district of the Chelyabinsk region, *Fauna of the Urals and Siberia*, **2**, 191 (2016).
36. Eremenko I. N., Polyakov V. E. Winter avifauna of Chelyabinsk, *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and Western Siberia*, **8**, 88 (2003).
37. Korovin V. A. Birds of the northern outskirts and environs of Yekaterinburg (according to the diaries of observations of Yu. K. Gusev), *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and Western Siberia*, **14**, 66 (2009).
38. Muradov O. V., Mamatov A. F. Comparative characteristics of the avifauna in the autumn-winter period 2008–2009 Sim and Minyar rivers, *Bulletin of the Orenburg State University*, **6** (100), 261 (2009).
39. Popov E. A., Rassomahina M. E. Encounters of rare birds in the Chelyabinsk region in 2017, *Fauna of the Urals and Siberia*, **2**, 173 (2017).
40. Popov E. A., Rassomahina M. E. Encounters of rare birds in the Chelyabinsk region in 2019, *Fauna of the Urals and Siberia*, **2**, 178 (2019).
41. Nedosekin V. Yu., Klimov S. M., Sarychev V. S., Alexandrov V. N. *Vertebrates of the Lipetsk region and their protection*, 80 p. (Lipetsk, 1996).
42. Numerov A. D. Bird class Aves, *Natural resources of the Voronezh region. Vertebrates. Cadastre* (Voronezh state. un-t. Voronezh: VSU, 1996), p. 48.
43. Sokolov A. S., Lada G. A. New information about some rare bird species of the Tambov region, *Bulletin of the Tambov University. Series: natural and technical sciences*, **5** (1), 65 (2000).
44. Loginov S. B. New materials on rare bird species of the Tver region, *Bulletin of Tver University. Biology and ecology series*, **5**, 105 (2007).
45. Ivanchev V. P. On the ecology of Stock Pigeon *Columba oenas*: assessment of the state in the Oka nature reserve, *The current state of natural complexes and objects of the Oka nature reserve and some areas of the European part of Russia*, 71 (2000).
46. Tolstenkov O. O., Ochagov D. M. New data on rare and little-studied birds of the south-east of the Leningrad region, *Ornithology*, **35**, 97 (2008).
47. Spiridonov S. N., Lapshin A. S., Grishutkin G. F. Birds of the Republic of Mordovia: species composition, nature of stay, relative abundance, *Proceedings of the Mordovian State Natural Reserve P.G. Smidovich*, **11**, 218 (2013).
48. Golubev S. V., Rusinov A. A. Materials of the avifaunistic survey of the Lake Pleshcheyevo National Park (south of the Yaroslavl Region), *Russian Ornithological Journal*, **23** (973), 597 (2014).
49. Bakka S. V., Kiseleva N. Yu., Odrova L. N. Vertebrates of the Kerzhensky Reserve (annotated list) Proceedings of the state natural biosphere reserve "Kerzhensky", 6 (2015).
50. Okolelov A. Yu., Ivanov A. P., Kartashov I. N. Registration of rare bird species within the framework of a square survey of the territory of the Tambov region, *Problems of conservation of biological diversity of the Central Black Earth region*, 36 (2016).
51. Vyshegorodskikh N. V. Analysis of the state of the vertebrate fauna of the Oryol region and problems of its conservation *Natural resources of the Central region of Russia and their rational use: Materials of the International Scientific and Practical Conference (Oryol: Oryol State University. I.S. Turgenev, 2017)*. p. 6.
52. Belyaev D. A. Rare and interesting sightings of birds in the Smolenskoye Poozerye National Park in 2017, *Russian Ornithological Journal*, **27** (1593), 1659 (2018).
53. Bardin A. V., Fetisov S. A. Birds of the Pskov region: an annotated list of species, *Russian Journal of Ornithology*, **28** (1733), 731 (2019).
54. Cherenkov S.E. Faunistic composition, phenology and nesting density of birds in mature spruce-broad-leaved forests of the Kologrivsky Les Reserve (Kostroma Region), *Russian ornithological journal*, **29** (1978) (2020).
55. Koshelev D. V., Zinoviev A. V., Vinogradov A. A., Cherkassov V. A., Butuzov A. A., Mostovaya A. S. Annotated list of birds of the Tver region with changes and additions as of January 2021, *Russian Ornithological Journal*, **30** (2031), 503 (2021).
56. Sharikov A. V., Sukhanova O. V., Kalyakin M. V., Sviridova T. V., Mosalov A. A., Galaktionov A. S., Galchenkov Yu. D., Grinchenko O. S., Volkov S. V., Voltsit O. V., Zinoviev A. V., Zubakin V. A., Ivanchev V. P., Kontorshchikov V. V., Kosenko S. M., Kostin A. B., Masalev A. G. , Melnikov V. N., Shuma A. L., Nedosekin S. V., Preobrazhenskaya E. S., Romanov V. V., Simonov V. A., Te D. E.,

- Shvets O. V. List of rare nesting bird species of the Non-Chernozem Center of Russia (as of 2014), *Ornithology*, **39**, 75 (2015).
57. Livanov S. G., Livanova N. N., Kvashnina A. E. Species composition and abundance of vertebrates in the Denezhkin Kamen Reserve, *Materials of the anniversary scientific and practical. conf., dedicated 80th anniversary of the Oksky state. natural biospheric Reserve "The role of Russian reserves in the conservation and study of nature"*, *Proceedings of the Oksky Reserve*, **34** (2015), p. 17.
  58. Shepel A. I. Species diversity of terrestrial vertebrates in the Perm region, *Geoecological problems of the Urals: materials of the X summer student school-seminar*, (Perm State National Research University, 2012), p. 27.
  59. Torgashov O. A. Birds of the national park "Bashkiria", *Materials for the distribution of birds in the Urals, in the Urals and in Western Siberia*, **8**, 213 (2003).
  60. Strelnikov E. G. Birds of the Yugansk Reserve and adjacent territories, *Russian Ornithological Journal*. **7** (51), 3 (1998).
  61. Zakharov V. D. Long-term dynamics of the winter population of forest birds in the Ilmensky Reserve, *Ecology*, **4**, 299 (2018).
  62. Ryabitsev V. K. On the bird fauna of the extreme north of the Chelyabinsk region, *Materials for the distribution of birds in the Urals, the Urals and Western Siberia*, **3**, 159 (1998).
  63. Ryabitsev V. K. *Birds of the Urals, the Urals and Western Siberia: a reference guide*, 634 p. (Yekaterinburg, 2008).
  64. *Passerines. Birds of the Soviet Union* (Under the general editorship of G. P. Dementiev and N. A. Gladkov), **5**, 804 p. ("Soviet Science", Moscow, 1954).
  65. Zubtsovsky N. E., Guryev V. N. Structure and dynamics of the bird population of forest biogeocenoses of the Ilmensky Reserve, *Structural and functional relationships in the biogeocenoses of the Southern Urals* (Sverdlovsk, 1979). p. 3.
  66. Gashek V. A., Zakharov V. D. On the distribution of the black redstart *Phoenicurus ochruros* in the Urals and Western Siberia, *Russian Ornithological Journal*, **29** (1978), 4462 (2020).
  67. Gashek V. A. Bioecological features of the linnet *Acanthis cannabina* (Linnaeus, 1758) in the natural and urban areas of the Chelyabinsk region, *Bulletin of the North-Eastern Federal University. M. K. Ammosov*, **5** (79), 5 (2020).

УДК 574.3:504.738

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-38-52

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ *NELUMBO KOMAROVII* GROSSH. ВО ВТОРИЧНОМ ЛЕСОСТЕПНОМ АРЕАЛЕ

Гордиенко И. М.<sup>1</sup>, Лепешкина Л. А.<sup>2</sup>, Воронин А. А.<sup>2</sup>, Клевцова М. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия  
E-mail: lilez1980@mail.ru

В статье представлены результаты исследований редкого реликтового вида *Nelumbo komarovii* Grossh. в локальной популяции. В условиях Воронежской области *N. komarovii* проходит все фенологические фазы, образует всхожие семена, но не формирует семенное поколение. В условиях вторичного лесостепного ареала отмечено нехарактерное поведение *N. komarovii*. В исследуемом водоеме села Богоявленовка он осваивает глубины до 4,7 м. Имеет высокие показатели проективного покрытия и морфометрических параметров растений на глубинах 1,5–1,9 м. Таксономическое разнообразие сообщества с *N. komarovii* не превышает 12 видов. Параметры местообитания по экошкалам подтверждают экологические требования *N. komarovii*. Средние показатели количества листьев на 1 м<sup>2</sup> составляет 1,75 листа для надводных листьев, 7 шт. для плавающих. На основании этих данных и площади колонии установлено наличие около 1050 стоячих листьев и 4200 лежащих листьев.

**Ключевые слова:** лотос Комарова, популяция, растительные инвазии, Воронежская область.

### ВВЕДЕНИЕ

Неконтролируемая интродукция растений приводит к появлению новых чужеродных видов в составе спонтанных региональных флор, трансформации растительных сообществ и экосистем в целом [1–5]. Среди них встречаются не только злостные сорные виды североамериканского или азиатского происхождения, но и редкие краснокнижные виды. Например, *Pueraria lobota* (Willd.) Ohwi редчайший вид флоры Дальнего Востока [6], который был интродуцирован в Краснодарском крае и Крыму, стал мощным агрессором во вторичном ареале. Кизильник блестящий – эндемик флоры юга Центральной Сибири, Красная книга РФ [6]. В лесостепной зоне он активно расселяется на опушках, лесных полянах, балках и лесополосах. Для решения задач контроля фитоинвазий необходимы данные по экологии и биологии популяций чужеродных инвазионно активных видов растений.

В нашем исследовании таким видом-интродуцентом со статусом редкого охраняемого растения выступает *Nelumbo komarovii* Grossh. Он натурализовался в водоемах Воронежской области. Это реликтовый вид третичного периода,

внесенный в Красную книгу РФ [6], статус 3 (R). Его естественный ареал охватывает Амурскую область, Хабаровский и Приморский края [7, 8]. На территории Евразии в пределах России проходит его северо-западная граница ареала. *N. komarovii* предпочитает прогреваемые илистые озера с более или менее стабильным уровнем воды.

Во вторичном ареале *N. komarovii* активно расселяется в проточных водоемах степной зоны Краснодарского края. Ведет к потере биоразнообразия водных экосистем, вытесняя ранее произраставшие виды растений; изменяет скорость течения воды и повышает уровень дна; ускоряет эвтрофикацию водотоков [9]. Контроль популяций таких охраняемых видов значительно усложняется из-за несовершенства природоохранного законодательства. Не приводится точных данных по статусу вида и его экологической стратегии во вторичном ареале.

Цель исследования – оценить эколого-биологические особенности локальной популяции лотоса Комарова (*Nelumbo komarovii* Grossh.) во вторичном лесостепном ареале. Задачи исследования: проследить даты наступления и продолжительность фаз; определить основные геоботанические характеристики сообщества с *N. komarovii*; установить морфометрические показатели надводных и плавающих листьев на различных участках колонии; охарактеризовать состояние локальной популяции вида.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория исследования охватывает лесостепное Черноземье в пределах Воронежской области. Достоверно установлено произрастание *N. komarovii* в искусственном водоеме на территории СНТ «Осень» Семилукского района Воронежской области, координаты: 51,7784482 ° N, 38,9715274 ° E.

В период 2016–2021 гг. проводили полевые исследования колонии *N. komarovii*. Фиксировали общий контур популяции, в пределах которой закладывали пробные площадки 2 м<sup>2</sup>, 4 м<sup>2</sup>, 8 м<sup>2</sup>. Учитывали прегенеративные и генеративные побеги, проводили измерения биометрических показателей: высоту стоячих листьев, диаметр плавающих и стоячих листьев, количество плодов с семенами на 2 м<sup>2</sup>, число семян в одной коробочке.

Оценивали плотность популяции на единицу площади, особенности ее развития в пространстве и времени. Определяли сроки прохождения основных фенологических фаз по методике Н. И. Бейдеман [10]. Проведены измерения температуры воды, зафиксированы метеорологические условия. Для изучения показателей воды использовали кондуктометр СОМ-80 НМ Digital.

Статистический анализ проводился с использованием программы MS Excel 2016. Вычислялись средние значения и проценты. Применялись сортировка и анализ данных, а также построение диаграмм.

Для характеристики сообщества с участием *N. komarovii* использовали общепринятые методы в геоботанике [11, 12]. В период 2019–2021 гг., сделаны 4 описания. Установили основные геоботанические характеристики прибрежно-водного сообщества: проективное покрытие, видовое обилие, флористическое окружение.

Оценка экологического пространства популяции *N. komarovii* проведена на основе обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [13] в программе Cуганов\_scale\_new alg [14]. Использовали средние арифметические значения следующих параметров: терморезим климата (Тм), континентальность климата (Кп), аридность / гумидность климата (Ом), криоклиматический (Сг), влажность почв (Нд), трофность почв (Тг), богатство почв азотом (Nt), кислотность почв (Rc), освещенность / затенение (Lc), переменность увлажнения (Fh).

Для анализа роли надводных и плавающих листьев лотоса использовали их численное соотношение на различных участках колонии и статистическую обработку измерений листовых пластинок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Достоверно известно три местопроизрастания видов рода *Nelumbo* Adans. в Воронежской области: Подгоренский район, Семилукский район село Богоявленовка, городской округ г. Воронеж, с. Репное (затон реки Усманка, район ул. Рыбацкая). В Подгоренском районе установлено произрастание *Nelumbo caspica* (Fisch. ex DC.) Fisch. в окрестностях районного центра Подгоренский на мелководье пруда «Кацап»: 50°24'26.1"N, 39°39'24.5"E [15]. По состоянию на 2014 год популяция занимала около 0,6 га. *N. caspica* реликтовый вид, занесен в Красные книги РФ [6], Астраханской области (2014), Калмыкии (2010). Его распространение в Волгоградской области вызывает опасения, здесь он выступает в качестве инвазионного вида.

Местонахождение популяции *Nelumbo* spp. в затоне реки Усманка у с. Репное установлено благодаря местным любителям природы. Научные исследования запланированы на 2022 г. Необходимо установление видовой принадлежности, особенностей роста и развития колонии.

Популяция *N. komarovii* в Семилукском районе является самой крупной в Воронежской области (рис. 1, 2). В условиях лесостепной зоны *N. komarovii* сохраняет свою жизненную форму многолетнего летнезеленого травянистого толсто-длиннокорневищно-кистекорневого симподально нарастающего поликарпика с розеточным прямостоячим побегом. Нами не были обнаружены молодые сеянцы, типичные для дальневосточных популяций в природном ареале. Они отличаются подводными широколанцетными, чешуевидными листьями, которые обычно охватывают молодые почки и точки роста молодых корневищ. Для популяции во вторичном ареале характерны молодые растения вегетативного происхождения с погруженными листьями округлой формы. Генеративные растения формируют плавающие и надводные воздушные (стоячие) листья щитовидно-округлой формы, поднимающиеся над водой на длинном черешке (более 2 м).

Показатели воды в вегетационный период: температура 16.9–27.5 °С, количество растворенных солей 172–174 части на миллион (ppm), вода средней жесткости, прозрачность 1.00–1.20 м.



Фаза активной вегетации *N. komarovii* приходится на май-июнь. Уже 12. 05. 2020 отмечались надводные листья. Массовое цветение – середина, конец июля, 28. 07. 2020 наблюдалось цветение и завязывание плодов. С середины августа 14. 08. 2020 начинают созревать семена. Цветение полностью завершается к началу сентября – 07. 09. 2020, в этот период наблюдалось много зеленых плодов с невызревшими семенами.



Рис. 1. Общий вид колонии лотоса Комарова, пруд в селе Богоявленовка, сентябрь 2021 г. (фото авторов).

В 2021 г. надводные листья отмечены 20 мая, 1 августа – единичное созревание семян, а 14 августа – массовое. После ночных заморозков 29 сентября развитие растений и созревание семян завершилось.

В условиях Воронежской области фаза вегетации *N. komarovii* продолжается до наступления низких положительных температур. Продолжительность бутонизации составляет в среднем 25 дней, цветения – 30 дней, созревания семян – 30 дней. Вегетация *N. komarovii* начинается при температуре воды 14–15 °С, бутонизация – при температуре +20 °С. Для цветения и созревания семян необходимы более высокие значения температуры воды +25 °С. С 2016 по 2021 год *N. komarovii*

завершал свое фенологическое развитие семеношением. Продолжительность фенологических фаз *N. komarovii* зависит от количества дней с высокими положительными температурами.

Основные характеристики колонии в селе Богоявленовка представлены в таблице 1.



Рис. 2. Цветки *N. komarovii*, пруд в с. Богоявленовка, 28.07.2020 г. (фото авторов).

В условиях водоема *N. komarovii* растет на глубине 0,2–4,7 м. Высокие показатели проективного покрытия и морфометрических характеристик растений установлены на глубинах 1,5–1,9 м. Отмечен быстрый рост популяции в 2019–2020 гг., колония увеличилась практически в два раза, значительно выросла её продуктивность. В среднем в одной коробочке 13–20 выполненных семян.

Таксономический анализ флоры сообщества с участием *N. komarovii* показал низкое видовое разнообразие (12 видов). В составе ценофлоры по северной границе колонии обычны: *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus*, *Equisetum fluviatile*, *Glyceria fluitans*. Из свободно плавающих на поверхности воды – *Hydrocharis morsus-ranae*. Среди погруженных гидрофитов на глубине 1,5–1,8 м обычны: *Myriophyllum verticillatum*, *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum*, *Najas minor*. С южной части колонии единично отмечены *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum*.

В центральных участках колонии с более высоким покрытием *N. komarovii* наблюдается низкое участие местных прибрежно-водных и водных растений, которые более активны в фитоценозах без *N. komarovii*. Элиминация аборигенной

флоры в результате экспансии *N. komarovii* в водных экосистемах отмечается многими исследователями [2, 16].

**Таблица 1**  
**Динамика основных характеристик колонии *N. komarovii* в 2016-2021 гг., село Богоявленовка**

Годы наблюдений	Основные характеристики					
	S, м <sup>2</sup>	Диапазон глубины	Число плавающих листьев / стоячих на 4 м <sup>2</sup>	Число коробочек на 4 м <sup>2</sup>	Высота над водой	Примечание
2016	Единичные экземпляры у пляжа	~1,5 м	-	-	~20 см	около 15 цветов\плодов на всю колонию
2019	250 м <sup>2</sup>	1-2,5 м	30-40	15	~40 см	4-5 плодов на 1 м кв
2020	500 м <sup>2</sup>	1-4 м	~40	18	~40 см	5-7 плодов на 1 м кв
2021	600 м <sup>2</sup>	1-4,7 м	30-56	13-16	~40 см	7-29 плодов на 1 м <sup>2</sup>

Так как *N. komarovii* не представлен в шкалах Д. Н. Цыганова [13], то экологическую характеристику его колонии определили по сопутствующим видам прибрежно-водного сообщества. Амплитуда экологического пространства изученной популяции *N. komarovii* соответствует: Тм (7,2–8,3) – суббореальной-бореонеморальной экологической группе, Кп (7,9–8,4) – материковой экологической группе, Ом (8,3–8,4) – семиаридной, Ср (7,9–9,6) – субкриотермной-гемикриотермной, Hd (18,6–23,6) – болотной-водной, Тг (6,9–7,8) – гликосемиэвтрофной-гликосубэвтрофной, Nt (7,0–11,1) – субнитрофильной-нитрофильной, Rc (7,5–8,2) – субацидофильной, Lc (0,8–3,2) – внелесной-кустарниковой, Fh (1,1–3,5) – контрастофильной-субконтрастофильной экологической группе (табл. 2).

Роль ассимиляционного аппарата в экологической стратегии *N. komarovii* высока. Ее оценивали через статистическую обработку измерений листовых пластинок. На всей площади колонии были измерены 48 стоячих и 54 лежащих листьев. Они измерялись сплошным проходом с выбором случайных групп на 1 м<sup>2</sup> в разных частях колонии.

Таблица 2  
Показатели экологических шкал биотопа прибрежно-водного сообщества с участием *N. komarovii*, водоем в селе Богоявленовка

Способ расчета	Экологические параметры									
	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Nt	Rc	Lc	Fh
Регрессия	7,2	7,9	8,3	9,6	23,6	6,9	11,1	8,2	0,8	1,1
Средний	8,3	8,4	8,4	7,9	18,6	7,8	7,0	7,5	3,2	3,5

Данные по диаметру лежащего на воде листа были отсортированы и поделены на 4 квантили (первый, второй, третий, четвертый). Анализ среднего диаметра показал, что для первого квантиля характерны диаметры от 13 см до 26 см и средним значением 20,89 см; для второго – 26–32 см (29,50 см); третьего – 33–42 см (37,86 см); четвертого – 43–70 см, (45,57 см). Средние площади листа *N. komarovii*, характерные для каждого квантиля, составили 281 см<sup>2</sup>, 535,2 см<sup>2</sup>, 799,3 см<sup>2</sup>, 1271,6 см<sup>2</sup> соответственно. На основании полученных данных построена диаграмма (рис. 3), отражающая вклад каждого квантиля в площадь покрытия водной поверхности.

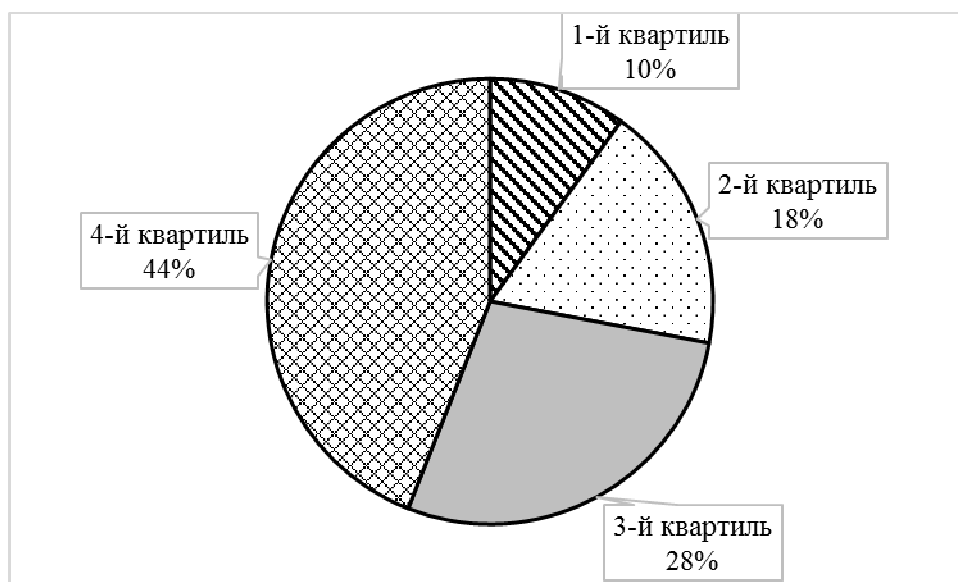


Рис. 3. Вклад каждого квантиля в площадь покрытия водной поверхности.

Таким образом, наглядно продемонстрировано, что вклад третьего и четвертого квантиля в покрытие поверхности воды составляет 72 % от общей площади покрытия, при этом 63 % их вклада приходится на четвертый квантиль.

Схожие данные получены при исследовании надводных листьев *N. komarovii*. Измерено 48 экземпляров, которые так же были поделены на 4 квантиля. Первый

слагают листья диаметром 19,5–30 см (среднее значение 24,3 см), второй – 30–38 см (34,20 см), третий – 39–44,5 см (41,75 см), четвертый – 47–54 см (50,0 см). Соответствующие средние площади листа для каждого квартиля составили 474,4 см<sup>2</sup>, 924,5 см<sup>2</sup>, 1371 см<sup>2</sup>, 1968,8 см<sup>2</sup>.

На основании полученных данных составлена диаграмма (рис. 4), показывающая отдельный вклад каждого квартиля в площадь покрытия водной поверхности.

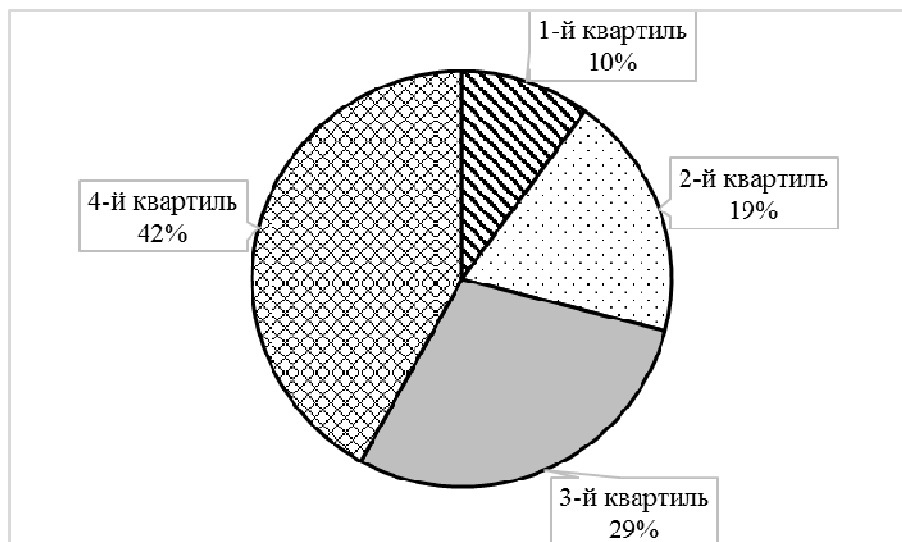


Рис.4. Отдельный вклад каждого квартиля в площадь покрытия водной поверхности.

Доля первого квартиля в проективном покрытии практически соответствует таковому у лежащих листьев, доля третьего и четвертого квартиля составляет 71 % от общей площади покрытия. При этом вклад четвертого квартиля составляет 69 % от этой величины.

На основании полученных данных установлено, что для *N. komarovii* характерна схожая стратегия фиксации фотоактивной радиации (ФАР) как у лежащих на воде листьев, так и у стоячих. Средняя площадь стоячих и лежащих листьев равна 721,8 см<sup>2</sup> и 1184,2 см<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь листовой пластины лежащих листьев в 1,64 раза больше, чем средняя площадь листовой пластины стоячих.

В результате исследования определили, что стоячие листья в среднем составляют 20–30 % от общего количества листьев. Это характерно для всех участков колонии *N. komarovii* кроме самого старого (~100 м<sup>2</sup>) и самых молодых пограничных участков. При рассмотрении 200 типичных средних листьев будет получено следующее соотношение: сумма площадей стоячих листьев составит всего 35,35 % от общей площади проективного покрытия колонии. Площадь

проективного покрытия лежачих листьев, соответственно составит 64,65% от общей площади покрытия.

Для вычисления площади покрытия зеркала воды исследованы два типичных участка колонии по 4 м<sup>2</sup> каждый с количеством листьев 6\30, 8\26 стоячих \ лежачих соответственно. На основании данных площади листа получены результаты покрытия 28759,34 см<sup>2</sup> для первого участка и 28240,52 см<sup>2</sup> для второго участка. Разница между результатами – 1,8 %. Площадь покрытия зеркала воды – 71,9 % в первом случае и 70,6 % во втором. Средняя площадь покрытия – 71,25 %.

На основании полученных ранее данных можно утверждать, что самые крупные листья со средним диаметром от 33 см для лежачих и от 39 см для стоячих покрывают около 50 % водной поверхности. При этом незначительное расхождение результатов площади покрытия на двух типичных участках подтверждает, что *N. komarovii* в среднем покрывает одинаковую площадь зеркала, регулируя соотношение надводных и стоячих листьев.

Дальнейшими исследованиями были охвачены самый старый участок колонии, самый молодой восточный участок и самый глубокий южный. Несмотря на их малую площадь по сравнению со всей колонией, они отчетливо визуальны определяются. На некоторых участках полученные ранее соотношения проективного покрытия нарушались.

Изучение самой молодой восточной части колонии показало наличие 25 только лежачих листьев на 4 м<sup>2</sup>. Диаметры листьев первого квартиля составляли 13–29 см, второго – 30–36,5 см, третьего – 37–48 см, четвертого – 49–61 см. Средняя площадь листьев – 412,5 см<sup>2</sup>, 823,9 см<sup>2</sup>, 1294,9 см<sup>2</sup>, 2461,5 см<sup>2</sup> соответственно квартилю. Соотношение площадей по квартилям сохранялось для этой части колонии и представлено на диаграмме (рис. 5). Как и в типичных случаях, более 70 % площади занимали листья из четвертого и третьего квартилей.

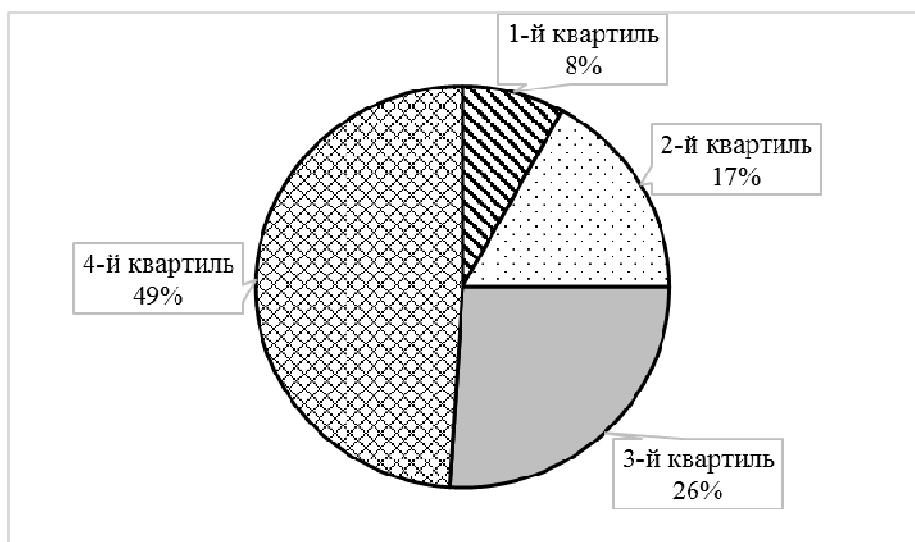


Рис. 5. Соотношение площадей по квартилям.

Покрытие лежачими листьями составляет 74,9 % поверхности воды, что в 1,73 раза превышает таковой показатель покрытия для лежачих листьев на типичных участках колонии. С другой стороны, этот показатель близок к общему показателю покрытия для лежачих и стоячих листьев.

Следует отметить, что при выращивании *N. komarovii* из семян репродукции данной колонии, формирование стоячих листьев в первый год происходит только у растений с регулярным введением удобрений и высокими значениями температуры воды (28–30 °C). Исследования дикорастущих популяций *N. komarovii* не отмечают появление надводных листьев в первый год жизни [17–19].

Южная самая глубокая часть колонии *N. komarovii* занимает около 2 м<sup>2</sup>, площадь проективного покрытия – 22,4 %. Установлено наличие лежачих листьев с глубины в 4,7 м. В пределах участка отмечено всего 5 плавающих листьев с диаметрами 26 см, 30 см, 34 см, 37 см, 40 см. Для типичных участков такие размеры соответствуют второму и третьему квартилю. Листьев с диаметром типичным для первого или четвертого квартиля не найдено. Вероятнее всего это связано с большой глубиной и количеством ресурсов, которые затрачивает растение на развитие подобных листьев. Небольшим и слабым листьям не хватает сил пробиться с такой глубины, при этом крупные листья из третьего и четвертого квартиля тратят слишком много сил на прорастание сквозь толщу воды и по этой причине не могут достигнуть наибольших размеров. Средняя площадь листовой пластины – 895,5 см<sup>2</sup>. Листья на данном участке в среднем в 1,24 раза больше чем на типичном.

Исследованы 4 м<sup>2</sup> с самым большим количеством листьев в загущенной старой части колонии: 56 лежачих и 25 стоячих. Их соотношение оказалось нетипичным и составило 100:224 (для типичных участков колонии 25 %). Именно здесь в 2016 г. было отмечено первое цветение *N. komarovii*. Площадь покрытия поверхности воды лежачими листьями составила 40421 см<sup>2</sup> из 40000 см<sup>2</sup>, или 101,05 %, площадь покрытия стоячими листьями составила 29604,95 см<sup>2</sup>, или 74 %. Таким образом проективное покрытие на данном участке в 1,75 раза превысила площадь зеркала, соответственно у *N. komarovii* проявляется определенная конкуренция между надводными и лежачими листьями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях вторичного лесостепного ареала отмечено нехарактерное поведение *N. komarovii*. В исследуемом водоёме села Богоявленовка он осваивает глубины до 4,7 м. Имеет высокие показатели проективного покрытия и морфометрических параметров растений на глубинах 1,5–1,9 м. В условиях Воронежской области *N. komarovii* проходит все фенологические фазы, образует всхожие семена, но не формирует семенное поколение.

Таксономическое разнообразие сообщества с *N. komarovii* не превышает 12 видов. Параметры местообитания по экошкалам подтверждают экологические требования *N. komarovii*.

Для типичных участков колонии *N. komarovii* почти 3/4 фотосинтеза осуществляют листья со средней площадью 1659 см<sup>2</sup> (минимальная от 855 см<sup>2</sup>),

средним диаметром 44,9 см, минимальным диаметром 33 см для лежачих, а также с минимальным диаметром 39 см, средним диаметром 45,9 см и средней площадью для стоячих 1669,9 см<sup>2</sup> (минимальная от 1194,5 см<sup>2</sup>). Как можно видеть из полученных данных, для самых эффективных листьев средние пропорции различаются незначительно. Так, например, разница средней площади стоячих и лежачих листьев составляет всего 0,65 %, а разница средних диаметров составляет 2,18 %. Листья третьего и четвертого квартилей как лежачих, так и стоячих формируют максимально эффективный и оптимальный в данных условиях фотосинтетический аппарат.

На основании изучения типичных участков колонии получены средние показатели количества листьев на 1 м<sup>2</sup>. Число стоячих листьев составляет 1,75 листа на 1 м<sup>2</sup>, а лежачих – 7 шт. на 1 м<sup>2</sup>. На основании этих данных и площади колонии установлено наличие около 1050 стоячих листьев и 4200 лежачих листьев. Считается, что если число стоячих листьев преобладает над плавающими у *N. komarovii*, то это считается индикатором благополучия популяции [20]. В нашем случае на всех участках колонии отмечено численное превосходство надводных листьев. Тем не менее, жизненное состояние растений и динамика развития колонии подтверждает благоприятные условия произрастания в условиях данного водного объекта. Регулярный мониторинг популяций *N. komarovii* во вторичном лесостепном ареале позволит оценить его экологическую стратегию и роль в трансформации водных экосистем, прогнозировать скорость и динамику расселения.

#### Список литературы

1. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Под ред. акад. РАН А. Ф. Алимова, Н. Г. Богущкий. – М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 436 с.
2. Виноградова Ю. К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2010. – 512 с.
3. Акатов В. В. Воздействие *Solidago canadensis* L. на видовое разнообразие растительных сообществ в разном пространственном масштабе / В. В. Акатов, Т. В. Акатова, С. Г. Чефранов // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2020. – № 4. – С. 2–14.
4. Дгебуадзе Ю. Ю. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований / Ю. Ю. Дгебуадзе // Российский журнал биологических инвазий. – 2014. – № 1. – С. 2–8.
5. Стародубцева Е. А. Чужеродные виды растений на особо охраняемых территориях (на примере Воронежского биосферного заповедника) / Е. А. Стародубцева // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2011. – № 3. – С. 36–39.
6. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. ред. Ю. П. Трутнев. – М.: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
7. Khrolenko Y. A. Development of *Nelumbo komarovii* Grossh. (*Nelumbonaceae*) from seeds under artificial conditions / Y. A. Khrolenko, M. S. Yatsunskaya, T. Y. Gorpenchenko, T. A. Bezdeleva // Inland Water Biology. – 2019. – Vol. 12, No. 1. – P. 18–25.
8. Tyurin A. N. A First record of the Komarov Lotus *Nelumbo komarovii* Grossh. in the Nakhodka City District / A. N. Tyurin // Biodiversity and Environment of Protected Areas. – 2019. – No. 4. – P. 109–111.
9. Кравчуненко А. Р. Лотос орехоносный и эвтрофикация водотоков степной зоны Краснодарского края / А. Р. Кравчуненко // Modern Science. – 2019. – № 12-2. – С. 47–49.



10. Бейдеман Н. И. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / Н. И. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1974. – 154 с.
11. Ипатов В. С. Фитоценология / В. С. Ипатов, Л. А. Кирикова. – СПб.: Изд-во С.-Петербург, ун-та, 1997. – 316 с.
12. Миркин Б. М. Современная наука о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соловец. – М.: Логос, 2002. – 264 с.
13. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 197 с.
14. Бузук Г. Н. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганова) / Г. Н. Бузук, О. В. Соколова // Ботаника. – 2009. – №37. – С. 356–362.
15. Агафонов В. А. Лотос (*Nelumbo caspica* (Fisch. ex DC.) Fisch.) в Воронежской области / В. А. Агафонов, Е. С. Казьмина, В. В. Негрбов, Н. А. Терехова // Флора и растительность Центрального Черноземья. Материалы межрегиональной научной конференции, посвященной 80-летию юбилею Центрально-Черноземного заповедника. Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. проф. В. В. Алехина. – Курск: Курский государственный университет, 2015. – С. 33–34.
16. Лепешкина Л. А. Кодекс управления инвазионными чужеродными видами растений в интродукционных центрах Центрального Черноземья / Л. А. Лепешкина, А. А. Воронин, М. А. Клевцова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2016. – 57 с.
17. Гордиенко И. М. Результат анализа зависимости количества выполненных и рудиментарных семян лотоса Комарова от размера семенных коробочек / И. М. Гордиенко // Современные проблемы экологии животного и растительного мира. Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2021. – С. 108–111.
18. Гордиенко И. М. Лотос Комарова (*Nelumbo komarovii* Grossh.) в водоемах Воронежской области / И. М. Гордиенко, Н. П. Карташова // Современное лесное хозяйство – проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию «ВНИИЛГИСБиотех». – Воронеж: Истоки, 2020. – С. 98–102.
19. Ye Li Comparative population genomics reveals genetic divergence and selection in lotus, *Nelumbo nucifera* / Li Ye, Zhu Feng-Lin, Zhang Xing-Wen [et al.] // BMC Genomics. – 2020. – No. 21. – P. 146.
20. Литвинова Н. А. Разработка методики косвенного учета урожайности зарослей лотоса орехоносного / Н. А. Литвинова // Научные исследования редких видов растений и животных в заповедниках и национальных парках Российской Федерации за 2005–2014 гг. – 2015. – Вып. 4. – С. 31–34.

## ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF THE LOCAL POPULATION OF *NELUMBO KOMAROVII* GROSSH. IN THE SECONDARY FOREST-STEPPE AREA

**Gordienko I. M.<sup>1</sup>, Lepeshkina L. A.<sup>2</sup>, Voronin A. A.<sup>2</sup>, Klevtsova M. A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Voronezh State University of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

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

*E-mail: lilez1980@mail.ru*

The results of a long-term study of the local population of *Nelumbo komarovii* Grossh. have been obtained. The ecological and biological features of its local population in the secondary forest-steppe area are considered. The following tasks were solved: the dates of onset and duration of phenophases were traced; the main geobotanical characteristics of the community with *N. komarovii* were determined; morphometric

indicators of surface and floating leaves in various parts of the colony were established; the state of the local population of the species was characterized. The research area covered the forest-steppe Chernozem region within the Voronezh region. The growth of *N. komarovii* has been reliably established in an artificial reservoir on the territory of the SNT "Autumn" of the Semiluksky district of the Voronezh region, coordinates: 51.784482°N, 38.9715274°E. This local population is the largest in the Voronezh region.

It is established that *N. komarovii* goes through all phenological phases and forms seeds in the forest-steppe region. There was no renewal of plants by seeds. The population has only vegetative renewal. The population in the secondary area is characterized by young plants of vegetative origin with submerged leaves of rounded shape. The phase of active vegetation of *N. komarovii* falls on May-June. Already on 12.05.2020, above-water leaves were noted. Mass flowering – mid, late July, 28.07.2020, flowering and fruit setting were observed. From mid-August 14.08.2020, the seeds begin to ripen. Flowering is fully completed by the beginning of September – 07.9.2020, during this period there were many green fruits with unripe seeds. In the conditions of the Voronezh Region, the vegetation phase of *N. komarovii* continues until the onset of low positive temperatures. The duration of budding is on average 25 days, flowering – 30 days, seed ripening – 30 days. Vegetation of *N. komarovii* begins at a water temperature of 14–15 °C, budding – at a temperature of +20 °C. From 2016 to 2021, *N. komarovii* completed its phenological development by seed-bearing. Duration of phenological phases *N. komarovii* depends on the number of days with high positive temperatures. Rapid population growth was noted in 2019–2020, the colony almost doubled, its productivity increased significantly. On average, there are 13–20 completed seeds in one box.

A taxonomic analysis of the community flora involving *N. komarovii* showed low species diversity (12 species). In the central areas of the colony with a higher coverage of *N. komarovii*, there is a low participation of local coastal and aquatic plants, which are more active in phytocenoses without *N. komarovii*. In the composition of the cenoflora: *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus*, *Equisetum fluviatile*, *Glyceria fluitans*. From freely floating on the surface of water – *Hydrocharis morsus-ranae*. Among the submerged hydrophytes are *Myriophyllum verticillatum*, *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum*, *Najas minor*. From the southern part of the colony, *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum* are found singly. The ecological characteristics of the local population were determined by the accompanying species of the coastal-water community. The amplitude of the ecological space of *N. komarovii* has the following parameters: Tm (7,2–8,3), Kn (7,9–8,4), Om (8,3–8,4), Cr (7,9–9,6), (18,6–23,6), Tr (6,9–7,8), Nt (7,0–11,1), Rc (7,5–8,2), Lc (0,8–3,2), Fh (1,1–3,5).

The role of the assimilation apparatus in the ecological strategy of *N. komarovii* is high. It was evaluated through statistical processing of measurements of leaf plates. 48 standing and 54 recumbent leaves were measured over the entire area of the colony. Based on the data obtained, it was found that *N. komarovii* is characterized by a similar strategy for fixing photoactive radiation (FAR) both leaves lying on the water and standing ones. The average area of standing and recumbent leaves is 721,8 cm<sup>2</sup> and 1184,2 cm<sup>2</sup>, respectively. The average area of the leaf plate of recumbent leaves is 1.64 times larger

than the average area of the leaf plate of standing leaves. The coverage of recumbent leaves is 74,9 % of the water surface, which is 1,73 times higher than that of the coverage for recumbent leaves in typical areas of the colony. They were measured by a continuous passage with a choice of random groups per 1 m<sup>2</sup> in different parts of the colony. The data on the diameter of the sheet lying on the water were sorted and divided into 4 quartiles (first, second, third, fourth). The analysis of the average diameter showed that the first quartile is characterized by diameters from 13 cm to 26 cm and an average value of 20,89 cm; for the second – 26–32 cm (29,50 cm); the third – 33–42 cm (37,86 cm); the fourth is 43–70 cm, (45,57 cm). The average area of the sheet *N. komarovii* characteristic of each quartile were 281 cm<sup>2</sup>, 535,2 cm<sup>2</sup>, 799,3 cm<sup>2</sup>, 1271,6 cm<sup>2</sup>, respectively. The share of the third and fourth quartiles in the water surface coverage is 72 % of the total coverage area, while 63 % of their contribution falls on the fourth quartile. Similar data were obtained in the study of the surface leaves of *N. komarovii*. 48 specimens were measured, which were also divided into 4 quartiles. The first consists of leaves with a diameter of 19,5–30 cm (average value 24,3 cm), the second – 30–38 cm (34,20 cm), the third – 39–44,5 cm (41,75 cm), the fourth – 47–54 cm (50,0 cm). The corresponding average leaf areas for each quartile were 474,4 cm<sup>2</sup>, 924,5 cm<sup>2</sup>, 1371 cm<sup>2</sup>, 1968,8 cm<sup>2</sup>.

As a result of the study, it was determined that standing leaves on average make up 20–30 % of the total number of leaves. This is typical for all sections of the *N. komarovii* colony except for the oldest and youngest border sections. Based on the data obtained earlier, it can be argued that the largest leaves with an average diameter of 33 cm for recumbent and 39 cm for standing cover about 50 % of the water surface. At the same time, a slight discrepancy in the results of the coverage area on two typical sites confirms that *N. komarovii* on average covers the same area of the mirror, adjusting the ratio of surface and standing leaves.

About 4 m<sup>2</sup> with the largest number of leaves in the thickened old part of the colony were studied: 56 recumbent and 25 standing. Their ratio turned out to be atypical and amounted to 100:224 (25 % for typical colony sites). It was here in 2016 that the first flowering of *N. komarovii* was noted. The surface area of the water with recumbent leaves was 40421 cm<sup>2</sup> out of 40,000 cm<sup>2</sup>, or 101,05 %, the surface area of standing leaves was 29604,95 cm<sup>2</sup>, or 74 %. Thus, the projective coverage on this site was 1,75 times larger than the area of the water mirror.

In the studied reservoir of the village of Bogoyavlenovka, he masters depths up to 4,7 m. It has high rates of projective coverage and morphometric parameters of plants at depths of 1,5–1,9 m. For typical sites of a colony of *N. komarovii*, almost 3/4 photosynthesis is carried out by leaves with an average area of 1659 cm<sup>2</sup> (minimum from 855 cm<sup>2</sup>), an average diameter of 44,9 cm, a minimum diameter of 33 cm for recumbent, as well as with a minimum diameter of 39 cm, an average diameter of 45,9 cm and an average area for standing 1669,9 cm<sup>2</sup> (minimum from 1194,5 cm<sup>2</sup>). The presence of about 1050 standing leaves and 4200 recumbent leaves in the local population has been established. The numerical superiority of surface leaves was noted in all areas of the colony. The vital condition of plants and the dynamics of colony development confirm favorable growing conditions in the conditions of this water body.

**Keywords:** Komarov's lotus, population, plant invasions, Voronezh region.

## References

1. Alimova A. F., Bogutskiy N. G., *Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems* (Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, Moscow- St. Petersburg, 2004).
2. Vinogradova Yu. K., Mayorov S. R., Khorun. L. V., *Black Book of the Flora of Central Russia: alien plant species in the ecosystems of Central Russia* (Publ. GEOS, Moscow, 2010).
3. Akatov V. V., Akatova T. V., Chefranov S. G., Influence of *Solidago canadensis* L. on species diversity of plant communities at different spatial scale, *Russian Journal of Biological Invasions*, **4**, 2 (2020).
4. Dgebuadze Yu. Yu., Alien Species in the Holarctic: Some Results and Research Perspectives. *Russian Journal of Biological Invasions*, **1**, 2 (2014).
5. Starodubtseva E. A., Alien plant species in specially protected areas (on the example of the Voronezh Biosphere Reserve). *Russian Journal of Biological Invasions*, **3**, 36 (2011).
6. Trutnev Yu. P., *Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)* (Publ. Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, Moscow 2008).
7. Khrolenko Y. A., Yatsunskaya M. S., Gorpenchenko T. Y., Bezdeleva T. A., Development of *Nelumbo komarovii* Grossh. (*Nelumbonaceae*) from seeds under artificial conditions, *Inland Water Biology*, **12** (1), 18 (2019).
8. Tyurin A. N., A First record of the Komarov Lotus *Nelumbo komarovii* Grossh. in the Nakhodka City District, *Biodiversity and Environment of Protected Areas*, **4**, 109 (2019).
9. Kravchunenko A. R., Nut-bearing lotus and eutrophication of streams in the steppe zone of the Krasnodar Territory, *Modern Science*, **12-2**, 47 (2019).
10. Beydeman N. I., *Methods for studying the phenology of plants and plant communities* (Publ. Nauka, Novosibirsk, 1974).
11. Ipatov V. S., Kirikova L. A., *Phytocenology* (Publ. S.-Peterburg un-ta, St. Petersburg, 1997).
12. Mirkin B. M., Naumova L. G., Solomeshch A. I., *Modern Vegetation Science* (Moscow, Logos, 2002).
13. Tsyganov D. N., *Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests* (Nauka, Moscow, 1983).
14. Buzuk G. N., Sozinov O. V., Regression analysis in phytoindication (on example of of D.N. Tsyganov's ecological scales). *Botany*, **37**, 356 (2009).
15. Agafonov V. A., Kaz'mina E. S., Negrobov V. V., Terekhova N. A., Lotus (*Nelumbo caspica* (Fisch. ex DC.) Fisch.) in the Voronezh region, *Flora and Vegetation of the Central Chernozem Region. Materials of the interregional scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Central Black Earth Reserve* (Publ. Kursk State University, Kursk, 2015), p. 33.
16. Lepeshkina L. A., Voronin A. A., Klevtsova M. A., *Code of management of invasive alien plant species in the introduction centers of the Central Chernozem Region* (Publ. Nauchnaya kniga, Voronezh, 2016).
17. Gordienko I. M., The result of the analysis of the dependence of the number of completed and rudimentary seeds of the Komarov lotus on the size of the seed pods, *Modern problems of the ecology of the animal and plant world. Materials of the All-Russian Youth Scientific and Practical Conference* (Publ. Voronezh State Forestry Engineering University named after V.I. G.F. Morozov, Voronezh, 2021), p. 108.
18. Gordienko I. M., Kartashova N. P., Komarov's lotus (*Nelumbo komarovii* Grossh.) in water bodies of the Voronezh region, *Modern forestry - problems and prospects. Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of VNIILGISbiotech* (Publ. Origins, Voronezh, 2020), p. 98.
19. Ye Li, Feng-Lin Zhu, Xing-Wen Zhang, Man-Li Hu, Chen Dong, Ying Diao, You-Wei Wang, KeQiang Xie and Zhong-Li Hua, Comparative population genomics reveals genetic divergence and selection in lotus, *Nelumbo nucifera*, *BMC Genomics*, **21**, 146 (2020).
20. Litvinova N. A., Development of a method for indirect accounting of the yield of thickets of the walnut lotus, *Scientific research of rare plant and animal species in reserves and national parks of the Russian Federation for 2005–2014* (Publ. Ekologiya, Moscow, 2015), p. 31.

УДК 574.42 (292.471)

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-53-68

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ГЛЕДИЧИИ ТРЕХКОЛЮЧКОВОЙ (*GLEDITSIA TRIACANTHOS* L.) В ПРЕДГОРНОМ КРЫМУ

*Громенко В. М., Иваиов А. В., Кобечинская В. Г., Алексева А. И.*

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)  
ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: grom.v.2019@mail.ru*

Выполнено исследование пространственной структуры старовозрастной лесозащитной полосы в центральной части предгорного Крыма (окрестности г. Симферополя), сложенной из интродуцента гледичии трехколючковой (обыкновенной) с оценкой её жизненного состояния. Установлены ведущие таксономические показатели древостоя: высота –  $10,8 \pm 0,2$  м, диаметр кроны –  $5,9 \pm 0,3$  м, диаметр ствола –  $26,8 \pm 0,7$  см. Индекс относительного жизненного состояния (ОЖС) составляет 94 %. Лесополоса относятся к ажурно-продуваемому типу лесонасаждения. Значение коэффициента напряженности роста (КОП) составляет  $1,8 \pm 0,1$  см/см<sup>2</sup>. Между показателями ОЖС и КОП существует статистически значимая высокая обратная связь ( $R = -0,98$ ). Хорошее жизненное состояние древостоя в целом свидетельствует, что экологические условия для произрастания гледичии трехколючковой в чистом насаждении на предгорных черноземах являются благоприятными для данного вида.

**Ключевые слова:** предгорный Крым, лесозащитная полоса, гледичия трехколючковая, экологические условия произрастания, таксационные показатели древостоя.

### ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективным мероприятием по регулированию поверхностного стока и снегораспределения, зарегулированию атмосферных осадков и сглаживания амплитуды колебания температуры в наиболее жаркий период года, а также снижению отрицательного воздействия водно-ветровой эрозии, ураганов и суховеев является полезащитное лесоведение [1]. Его можно рассматривать как важный элемент государственной стратегии сохранения окружающей среды, рационального использования и приумножения природно-ресурсного потенциала страны. В связи с этим оценка состояния существующих насаждений лесополос является актуальным исследованием, результаты которого могут оказать существенное влияние не только на экономические показатели хозяйственной деятельности исследуемой территории, т. е. на рост урожайности сельскохозяйственных культур, но и на обеспечение экологической устойчивости ландшафтов [2].

Опыт лесопосадок с подбором наиболее устойчивых видов для их формирования в Крыму имеет уже более 140-летнюю историю и активно

использовался по созданию подобных насаждений по югу Российской Федерации и Украины, особенно в послевоенный период [3]. По данным Н. А. Агапонова, А. И. Ковальского [4] благодаря широкой механизации лесомелиоративных работ в регионе в послевоенные годы было создано около 75 тыс. га защитных насаждений. К сожалению, в последующий период более половины всех имеющихся сейчас полезащитных лесных полос в предгорном и равнинном Крыму нуждаются в ремонте или расстроены вследствие старения насаждений, многие из них были вырублены самовольными рубками на отопление населением или пребывают в неудовлетворительном санитарном состоянии. Ныне в Крыму сохранились менее чем 20–30 % от прошлых посадок. Это обусловлено тем, что в связи с изменениями форм собственности на землю лесополосы выпали из поля зрения государства. Кому должны принадлежать полезащитные насаждения? Сельскохозяйственным предприятиям или лесохозяйственным? Коллективные сельскохозяйственные предприятия распались, а мелкие фермеры не в состоянии создавать новые лесные полезащитные насаждения или поддерживать старые.

Гледичиевые насаждения, созданные еще в 50-е годы прошлого века достаточно широко распространены по территории Крымского полуострова (720,3 га) и там, где не было рубок для бытовых целей, в основном в 90-е годы, визуально находятся в неплохом состоянии. Наибольшие их площади встречаются в Старокрымском лесничестве (377,4 га – 52,4 %), второе место занимает Сакский район (232 га – 32,2 %), в остальных 4-х районах (Белогорском, Симферопольском, Джанкойском и Раздольненском ) площади их незначительны (7,2–13,3 га) [5].

Анализ публикаций, посвященных гледичии трехколючковой, освещает преимущественно различные методы увеличения всхожести семян, требования к почвам, оценкам её плодоношения с учетом возраста и мелиоративной эффективности этого вида в комплексе лесонасаждений, подробно рассматриваются её декоративные формы, используемые в создании парковых композиций [6–8 и др.]

В научной литературе имеются только фрагментарные данные о пространственной структуре и жизненном состоянии старовозрастных гледичевых лесозащитных полос по другим регионам страны, для Крыма этот вопрос не освещен. Вышеуказанная проблематика обусловила выбор темы исследования и ее актуальность.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Виды рода *Gleditsia* L. (гледичия) относятся к семейству Бобовые, являясь хозяйственно ценными и перспективными древесными растениями для интродукции в условия деградированных ландшафтов засушливого региона. Род *Gleditsia* L. включает 12 видов, распространенных в Северной и Южной Америке, восточной Азии и в тропической Африке. В культуре Европы и Азии нашли применение 8 видов, из них наиболее распространена гледичия обыкновенная (трехколючковая) и её формы (бесколючковая, пирамидальная, плакучая и низкая). Этот вид хорошо растет на Кавказе, юге Украины, в Крыму, Ставропольском крае и Ростовской

области, в государствах Средней Азии, где широко используется в озеленении и при создании защитных ажурно-продуваемой конструкции лесополос [8].

Гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos* L.) – это дерево высотой около 25 м (на родине в Северной Америке достигает 45 м). Крона ажурная, почти шаровидная, ствол и ветви покрыты острыми твердыми прямыми (часто разветвленными) колючками. Корневая система мощная, сильно разветвлённая. Быстрорастущая, светолюбива, засухоустойчивая, ветроустойчивая, мало требовательная к плодородию почв, произрастая и на засоленных землях, но теплолюбива, особенно в молодых посадках страдает от морозов. Хорошо переносит уплотнение почвы, запыленность и задымленность воздуха, стрижку и формирование кроны. Легко размножается семенами, корневыми отпрысками и черенками. Благодаря этим свойствам её широко используют в степном лесоразведении и в полезащитных полосах, в том числе и на засоленных почвах в южных регионах РФ и Украины [9].

Впервые этот вид был использован лесничим Ю. А. Леманом в конце XIX века при создании смешанных лесных культур с дубом черешчатым в лесопосадках Рацинской дачи площадками 15x7 м и 6,3x6,3 м в Вознесенском районе Николаевской области. Были получены хорошие результаты устойчивости и долговременности этих насаждений [10].

Объектом изучения являлись лесозащитная полоса из чистых посадок гледичии трехколючковой площадью 2,2 га, которая расположена в 10 км северо-восточнее города Симферополя, на высоте около 180 м над уровнем моря с координатами в центре по спутниковой карте Google: 45°07'96" N – 34°17'09" E. Это типичная старовозрастная гледичиевая лесополоса и ее выбор связан не только с близостью к транспортной развязки, но в первую очередь с тем, что она граничит с другой лесозащитной лесополосой, представленной чистым насаждением из сосны крымской, а также с участками слабо косимой целинной степи и пашни, занимаемой, как правило, зерновыми культурами. Поэтому эту гледичиевую лесополосу можно рассматривать как составную часть данного природно-антропогенного комплекса, перспективного для проведения фундаментальных исследований. На этой пробной площади были изучены физико-химические характеристики почвы и её ферментативная активность, а также сезонная динамика «почвенного» дыхания, которые обсуждались в наших предыдущих работах [11, 12]. Далее на перспективу планируется определение бактериальных и грибных метагеномов в ризосфере этих лесобразующих пород, которые позволят более детально выявить их устойчивость и адаптацию к абиотическим факторам среды.

В пределах лесополосы в направлении с юга на север, через каждые 100 м были заложены пробные площадки, на которых определяли лесотаксационные параметры древостоя гледичии трехколючковой. Для этого использовали общепринятые методы определения пространственной структуры, высоты, диаметра, протяженности крон, полноты насаждения [13, 14].

Для определения жизненного состояния деревьев использовали шкалу категорий состояния деревьев, выделяемых в лесной защите при характеристике ослабленных и усыхающих насаждений [15, 16]. Выделены следующие градации:

I – здоровые: деревья без внешних признаков ослабления;

II – ослабленные: деревья со слабо ажурной кроной, укороченным приростом или повреждением до 1/3 общего количества хвои (объедена, обожжена), с усыханием отдельных ветвей, повреждением отдельных корневых лап или небольшим местным отмиранием ствола;

III – сильно ослабленные: деревья с ажурной кроной и матовой хвоей, с сильно укороченным приростом или без него, с повреждением или усыханием до 2/3 хвои (ветвей), суховершинные, с механическими повреждениями корневых лап и ствола;

IV – усыхающие: деревья, которые могут усохнуть в текущем или следующем году, с сильно ажурной и бледно-зеленой, желтеющей и осыпающейся хвоей, с повреждением более 2/3 хвои, сухокронные, с признаками заселения стволов;

V – свежий сухостой: деревья, усохшие в текущем или в прошлом вегетационном периоде, с желтой или бурой хвоей, или без нее; короеды вылетают или вылетели, другие ксилофаги еще могут быть под корой или в древесине;

VI – старый сухостой: деревья, усохшие в прошлые годы, без хвои, кора и мелкие ветви частично или полностью осыпались, ксилофаги покинули деревья.

Две последние категории (У и У1) шкалы объединяли в одну общую категорию: «сухостой».

Оценку относительного жизненного состояния (ОЖС) древостоев лесозащитных полос проводили с использованием расчетного индекса ОЖС, который определяют по относительной численности категорий деревьев – по методике В. А. Алексеева [17]

Расчет индекса состояния древостоев ( $L_n$ ) в соответствии с распределением общего числа деревьев на различные по числу деревьев категории проводился по формуле:

$$L_n = \frac{(100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4)}{N} (\%) \quad (1)$$

где  $n_1$  – число «здоровых»,  $n_2$  – «ослабленных»,  $n_3$  – «сильно ослабленных»,  $n_4$  – «отмирающих» деревьев лесобразователя на пробной площади;  $N$  – общее число деревьев на пробной площади, включая «сухостойные».

При величине индекса ОЖС в диапазоне 100–80 % древостой оценивался как здоровый, при 79–60 % древостой считался ослабленным (поврежденным), при 59–20 % – сильно ослабленным (сильно поврежденным), менее 20 % – полностью разрушенным.

Коэффициент напряженности роста (КОП) рассчитывался по формуле [16]:

$$\text{КОП} = \frac{H \times 100}{G_{1,3}} \quad (2)$$



Обработка результатов осуществлялась в программе Excel и с использованием общепринятых методов вариационной статистики [18].

Проведение исследований, обработка материалов и обсуждение результатов опирались на опыт аналогичных изысканий, изложенных в материалах публикаций [19, 20].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучаемая лесополоса из насаждения *Gleditsia triacanthos* L. заложена на неорошаемых землях и предназначена для защиты сельскохозяйственных угодий от неблагоприятных климатических факторов. Она длиной в 1300 метров по функции относится к категории вспомогательной, расположена поперек нижней части склона перпендикулярно основной лесополосе из сосны крымской и защищает поле озимой пшеницы с западной стороны от поверхностных стоков атмосферных осадков (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид гледичиевой лесополосы (ориентация с юга на север) в предгорной зоне Крыма. Справа – пшеничное поле, вдали к ней перпендикулярно примыкает сосновая лесополоса. Она расположена поперек направления линии стока.

Лесополоса относится к ажурно-продуваемому типу лесонасаждения. Подобная конструкция определяется с одной стороны подбором главной древесной породы, а

с другой зависит от способа размещения посадочных мест на лесокультурой площади.

Традиционно полоса создается преимущественно из трех-пяти рядов. Для почв южного чернозема рекомендуется создавать полосы с шириной междурядий не менее 3 метров, для темно-каштановых и солонцеватых – 4 метра, размещение деревьев в ряду 1,8–1 м. Лесополоса с широкими междурядьями, продуваемая – более экономична, позволяя максимально механизировать работу по уходу за ней, накопить больше влаги в почве, т.е. создать более благоприятные условия для роста главной породы.

При создании лесопосадок с использованием гледичии трехколючковой на южных черноземах и темно-каштановых почвах в Крыму были использованы преимущественно следующие варианты подбора пород:

1 схема. Три ряда гледичии с размещением 4x2 м, ширина лесополосы 12 м, посадочных мест на 1 га – 1250 шт.

2 схема. Первый и пятый ряды – сопутствующие породы: клен полевой, клен явор, клен татарский, абрикос; второй, третий, четвертый ряды – главная порода: дуб черешчатый, гледичия, орех грецкий, ясень обыкновенный. На 1 га лесополосы высаживаются 2400 шт. в соотношении 60 % главной пород и 1600 шт. сопутствующей (40 %).

3 схема. Для каштановых не солонцеватых почв тип смешения гледичия с ясенем остроплодным и белой акацией – главные породы в сочетании с кустарниками : скумпией, жимолостью татарской, кизилом, золотистой смородиной и др. На 1 га высаживают 1450 шт. главной породы.

4 схема. Первый и четвертый ряды – сопутствующие породы: абрикос, софора, клен полевой; второй и третий ряд – главные породы: гледичия, вяз мелколистный, акация белая. На 1 га высаживают 1150 шт. главных пород и столько же сопутствующих [21].

Следовательно, расход посадочного материала по 2–4 схемам намного больше. Поэтому в степной зоне, где более сильные ветра открытых пространств, преобладает 2, 3 и 4 схемы, а в предгорной зоне первая, как более экономичная и достаточно эффективная.

Изучение горизонтальной пространственной структуры лесонасаждений из гледичии трехколючковой выявило следующие особенности. Очевидно, лесополоса изначально закладывалась по схеме трехрядной ползащитной полосы из одной главной породы (*Gleditsia triacanthos* L.) с расстоянием в 2 метра между деревьями в ряду и 4 метрами между рядами. Согласно подсчету числа годичных колец, на оставшихся пнях деревьев, время возникновения лесополосы относится к 60–70 годам прошлого столетия.

За период существования горизонтальная пространственная структура древесного агробиогеоценоза изменилась под влиянием внутренних процессов развития древостоя, а также негативных воздействий как естественных, так и антропогенных факторов. В результате незаконных рубок и естественного выпадения растений расстояние между деревьями в ряду увеличилось почти в полтора раза и составляет в среднем для гледичиевой лесополосы –  $3,6 \pm 0,2$  метров.

На модальный класс  $M_0 = 2$  м, включающий максимальное количество частот по расстоянию между деревьями в ряду, приходится – 55,2 %. На просветы между стволами деревьев с расстоянием в 4 м приходится по площади – 20,7 %, в 6 м – 13,8 %, в 8 м – 10,3 %. Такие результаты подтверждают вывод о первоначальной схеме размещения посадочных мест 4,0 x 2,0 м.

Также значительными изменениям подверглась и ширина лесополосы, которая зависит от выпадения деревьев из крайних рядов древостоя. Среднее расстояние от края до края крон древостоя, без учета закраек, равно  $16,9 \pm 0,3$  м. Разница между максимальной и минимальной шириной лесополосы составила 7 м.

Изреживание древостоя привело к уменьшению полноты насаждения и соответственно изменению диаметров и степени сомкнутости крон деревьев (рис. 2).



Рис. 2. Степень сомкнутости крон гледичии трехколючковой среднего ряда – ажурно-продуваемый тип лесонасаждения в предгорной зоне Крыма.

Средний диаметр крон в целом по трем рядам в посадке составляет  $5,9 \pm 0,3$  м (табл. 1). На деревья с диаметрами крон в 6 м приходится 33,30 %, в 4 м – 26,70 %, в 8 м – 20,0 %, в 10 м – 6,7 %. На диаметры крон в 2, 3, 5 и 7 м приходится всего по 3,3 %, причем он зависит от расположения дерева в ряду. Максимальным средним размером  $7,0 \pm 0,5$  м характеризуются деревья крайнего ряда, расположенные вдоль поля озимой пшеницы с восточной стороны лесополосы. С западной стороны,

напротив косимого участка целинной степи, крайний ряд характеризуется средним диаметром в  $6,9 \pm 0,4$  м. Наименьшие диаметры крон приходятся на деревья, растущие в среднем ряду –  $4,2 \pm 0,3$  м. Уровни индивидуальной изменчивости диаметров крон в первом ряду ( $C_v = 23,2\%$ ), втором ( $C_v = 28,6\%$ ) и в третьем ( $C_v = 28,5\%$ ) характеризуются как средние. Такая же закономерность наблюдается и для распределения диаметра стволов деревьев. Среднее значение этого показателя для всего древостоя оценено в интервале  $26,8 \pm 0,7$  сантиметров. С восточной стороны деревья характеризуются диаметром – 35,7 см, а с западной – 30,5 см, средний ряд – 25,6 см соответственно.

Диаметры крон и расстояния между стволами детерминируют различие в степени сомкнутости крон деревьев. В крайних рядах насаждения, где расстояние между стволами деревьев в ряду составляет 2 м, наблюдается полное смыкание крон с проникновением ветвей в кроны друг друга. При расстоянии в 4 м, сомкнутость крон составляет около 1,0. При увеличении расстояния от 6 до 8 м, сомкнутость крон варьирует от 0,8 до 0,5. Между рядами с шириной междурядий в 4 м сомкнутость крон варьирует от 1,0 и до 0,1, здесь кроны среднего ряда представлены самосевным подростом или порослевыми деревьями.

**Таблица 1**  
**Изменчивость диаметра крон гледичиевой лесополосы по рядам**

Статистические показатели	Исследуемые признаки
	Диаметр крон (м)
Среднее значение (м)	$5,9 \pm 0,3$
Ошибка полученной средней %	5
Медиана	6
Мода	6
Стандартное отклонение	2
Минимум (м)	2
Максимум (м)	10
Размах (м)	8
Коэффициент вариации, %	33,9

От степени полноты насаждения и сомкнутости полога зависит как количество света, проникающего во внутреннее пространство лесополосы, так и возникновение экологических ниш для внедрения в структуру древостоя других растительных видов. В целом для гледичиевой лесополосы задерненность почвы составляет 100 % (рис. 3).

В затененных участках преобладают луговые злаки с доминированием *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca pratensis* Huds., в осветленных участках – степные злаки с доминированием *Festuca rupicola* Neuff. и примесью разнотравья. Внутри посадки высота злаков в среднем составляет  $30,0 \pm 1,5$  см. На месте выпавших деревьев гледичии трехколочковой около 20 % пространства лесополосы занимают кусты шиповника и около 5 % деревья лоха серебристого.



Рис. 3 Задерненность почвы степной растительностью в средней части гледичиевой лесополосы в предгорной зоне Крыма.

Ажурно-продуваемая конструкция лесополосы детерминирована особенностью вертикальной структуры насаждения и зависит от биоэкологических особенностей гледичии трехколючковой и экологических факторов среды. Вертикальная структура древостоя определялась по высоте приземной части стволов и крон деревьев. Средняя высота древостоя составляет  $10,8 \pm 0,2$  м (табл. 2).

Ажурная часть конструкции насаждений гледичии обеспечивается поднятием крон на высоту в среднем на  $8,6 \pm 0,3$  м при минимуме в 5,5 м и максимуме – 12,5 м. Протяженность кроны в среднем превышает протяженность ствола почти в четыре (3,7 м) раза.

По данным индекса кроны все деревья относятся к классу растений с длинной кроной. При этом, индекс кроны в среднем составляет 0,79 при минимальном значении 0,61 и максимальном – 0,92. При этом 46,7 % деревьев находится в интервале индекса кроны от 0,8–0,89, 33,3 % в интервале 0,7–0,79, 13,3 % в интервале 0,6–0,69 и 6,7 % – 0,9–0,99. Отдельно по рядам индекс кроны возрастает от II (0,76) к I (0,79) и III (0,85). Таким образом, в этой последовательности длина кроны возрастает за счет увеличения высоты деревьев и снижения расстояния первой живой ветви до уровня земли.

Таблица 2

**Таксономические показатели насаждений гледичии трехколючковой: по высоте древостоя, ствола и кроны**

Статистические показатели	Исследуемые признаки древостоя		
	Высота древостоя	Высота ствола от земли до первой живой ветви	Высота кроны от первой живой ветви до верхушки дерева
Среднее значение (м)	10,8 ± 0,2	2,2 ± 0,1	8,6 ± 0,3
Минимум (м)	8,0	1,0	5,5
Максимум (м)	14,0	4,0	12,5
Коэффициент вариации (%)	12,9	31,8	19,8

В связи с этим продуваемая часть конструкции насаждений гледичии, представленная стволами деревьев, в среднем по высоте составляет  $2,2 \pm 0,1$  м при минимуме в 1 м и максимуме – 4 м. Отдельно высота стволов увеличивается от III, к I и далее II ряду. В этой очередности прослеживается уменьшение освещенности деревьев, что приводит к отмиранию нижних ветвей кроны и соответственно увеличению длины приземной части стволов деревьев. Так, при лучшей освещенности третьего ряда, находящегося с восточной стороны лесополосы, высота нижней ветви составляет в среднем  $1,6 \pm 0,1$  м, во втором внутреннем ряду  $2,4 \pm 0,2$  м, а в первом ряду с западной стороны  $2,3 \pm 0,15$  м.

Важной конструктивной частью продуваемой конструкции является не только высота приземной части стволов, но и их диаметр на высоте 1,3 м. В целом, для лесополосы средний диаметр древостоя гледичии трехколючковой составляет  $26,8 \pm 0,7$  см при минимуме в 14 см и максимуме – 48 см. В отдельности диаметр первого ряда в среднем равен  $30,5 \pm 1,2$  см, второго –  $25,6 \pm 2,1$  см и третьего –  $35,7 \pm 2,7$  см.

Таким образом, обобщая полученные данные по кронам и стволам деревьев ажурно-продуваемая конструкция насаждения гледичии представляет следующий вид. При средней высоте древостоя в 10,8 м на ажурную часть лесополосы приходится 79,7 %, а на продуваемую 20,3 %. В ажурной части площадь продольных просветов не превышает 35 %, а в продуваемой составляет в среднем 87 %, что соответствует нормативным показателям по ажурно-продуваемым лесополосам.

Очевидно, что степень освещенности также влияет и на жизненное состояние отдельных деревьев и древостоя в целом. Проведенные исследования позволили установить, что в целом состояние древостоя гледичии трехколючковой трактуется как здоровое, а индекс ОЖС составляет 94 % (табл. 3). Индекс относительного жизненного состояния (ОЖС) в целом для древостоя лесополосы составляет  $94,0 \pm 2,2$  %. При этом 80 % деревьев относится к категории здоровые деревья, 20 % – ослабленные. Минимальное среднее значение ( $91,8 \pm 4,2$ ) ОЖС отмечено для второго внутреннего ряда, максимальное ( $95,7 \pm 4,3$ ) – третьего. Количество ослабленных деревьев во II ряду выше на 13 % чем в III-м и на 10,6 % чем в I. (рис. 4).

Таблица 3

Распределение деревьев и древостоев по категориям относительного жизненного состояния в насаждении гледичии трехколючковой по рядам

Лесополоса (ряды)	Распределение деревьев по категориям ОЖС (%)				Индекс ОЖС (%) и категория состояния древостоя
	1	2	3	4	
Гледичиевая (в целом)	80,0	20,0	0,0	0,0	94 ± 2,2 (здоровый)
I (от косимой целины)	83,3	16,7	0,0	0,0	95 ± 3,4 (здоровый)
II (внутренний)	72,7	27,3	0,0	0,0	91,8 ± 4,2 (здоровый)
III (от с/х поля)	85,7	14,3	0,0	0,0	95,7 ± 4,3 (здоровый)

Примечание. Распределение деревьев по категориям ОЖС: 1 – здоровые деревья; 2 – ослабленные деревья; 3 – сильно ослабленные деревья; 4 – отмирающие деревья.



Рис. 4. Жизненное состояние деревьев гледичевой лесополосы в предгорной зоне Крыма.

Для подтверждения полученных результатов дополнительно использовали расчеты с использованием коэффициента напряженности роста (КОП), который выражает отношение высоты дерева к площади его поперечного сечения. Помимо

характеристики состояния древостоев, КОП является важным критерием оценки достаточности их изреживания [15]. В результате расчетов было установлено, что значение коэффициента напряженности роста (КОП) древостоя гледичии трехколючковой в среднем составляет  $1,8 \pm 0,1$  см/см<sup>2</sup> и варьирует в пределах от 0,8 до 4,5 см/см<sup>2</sup>.

Вычисление КОП для отдельных рядов выявило, что наименьшим значением коэффициента 1,2 см/см<sup>2</sup> характеризуется III ряд лесополосы, а наибольшим – II внутренний 2,4 см/см<sup>2</sup> (табл. 4).

**Таблица 4**

**Средние значения ОЖС и КОП древостоя в насаждении гледичии трехколючковой по рядам**

Лесополоса (ряды)	ОЖС, %	КОП, см/см <sup>2</sup>
Гледичиевая (в целом)	94,0	1,8
I (от косимой целины)	95,0	1,6
II (внутренний)	91,8	2,4
III (от с/х поля)	95,7	1,2
В целом по категории «здоровые деревья»	80–100	1,62
В целом по категории «ослабленные»	79–50	2,44

Полученные данные свидетельствуют о том, что существует тесная связь между показателями ОЖС и КОП. Увеличение показателя ОЖС от II (91,8 %) ряда, через I (95 %) к III (95,7 %) идет с уменьшением КОП 2,4-1,6-1,2 см/см<sup>2</sup>, соответственно. Высокая обратная связь подтверждается коэффициентом корреляции  $R = - 0,98$  ( $p < 0,05$ ).

Сопоставляя результаты исследований ОЖС и КОП можно сделать предварительный вывод, что для чистых насаждений гледичии трехколючковой, произрастающей на черноземных почвах предгорного Крыма при ОЖС = 80-100% и категории состояния древостоя «здоровый», оптимальное среднее значения КОП соответствует 1,62 см/см<sup>2</sup>

Анализ жизненного состояния древостоя в целом и отдельно деревьев однозначно указывает на тот факт, что экологические условия для произрастания гледичии трехколючковой в чистом насаждении на предгорных черноземах являются благоприятными. Выпадение деревьев из структуры лесопосадки носит в большинстве своем антропогенный характер, прежде всего, в результате незаконных рубок.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Лесополоса относятся к ажурно-продуваемому типу лесонасаждения. Изначально закладывалась по схеме трехрядной полезащитной полосы из одной главной породы (*Gleditsia triacanthos* L.) с расстоянием в 2 м между деревьями в ряду и 4 м между рядами.



2. В настоящее время расстояние между деревьями в ряду составляет в среднем –  $3,6 \pm 0,2$  метров. Диаметр кроны в целом по трем рядам равен  $\bar{x} = 5,9 \pm 0,3$  м, а стволов –  $\bar{x} = 26,8 \pm 0,7$  см. Вертикальная структура представлена древостоем высотой  $\bar{x} = 10,8 \pm 0,2$  м. На кроны приходится  $\bar{x} = 8,6 \pm 0,3$  м длины, на приземную часть стволов –  $2,2 \pm 0,1$  м.
3. Значение коэффициента напряженности роста (КОП) составляет  $1,8 \pm 0,1$  см/см<sup>2</sup> и варьирует в пределах от 0,8 до 4,5 см/см<sup>2</sup>. Между показателями ОЖС и КОП существует статистически значимая высокая обратная связь ( $R = -0,98$ ).
4. Индекс относительного жизненного состояния (ОЖС) в целом для древостоя лесополосы составляет  $94,0 \pm 2,2$  %. При этом 80 % деревьев относится к категории здоровые и только 20 % – ослабленные.
5. Хорошее жизненное состояния древостоя в целом и отдельно деревьев однозначно указывает на тот факт, что экологические условия для произрастания гледичии трехколючковой в чистом насаждении на предгорных черноземах являются благоприятными и их площади следует расширять.
6. Необходимо государственная программа восстановления лесных полей защитных насаждений. Считаем, что необходимо создание специальных государственных лесохозяйственных предприятий для восстановления и охраны лесных полей защитных насаждений или передачи их на баланс существующим.
7. Также следует внести изменения в Кодекс об административных правонарушениях о ужесточении наказания за самовольные рубки полей защитных насаждений с полным возмещением нанесенного ущерба, т.к. их климатообразующую, средобразующую, водорегулирующую, водоохранную, почвозащитную, противозероизионную и почвоохранную роль трудно переоценить.

#### Список литературы

1. Мишнев В. Г. О значении и состоянии полей защитного лесоразведения в Крыму / В. Г. Мишнев, Н. И. Цыплаков // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – 2001. – Вып. 11. – С. 12–14.
2. Багрова Л. А. Искусственные лесонасаждения в Крыму / Л. А. Багрова, Л. Я. Гаркуша // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 134–145.
3. Кобечинская В. Г. Опыт лесоразведения в Крыму: от прошлого к настоящему / В. Г. Кобечинская, О. Б. Ярош // Бюлл. «Использование и охрана природных ресурсов в России». – 2017. – № 2. – С. 22–27.
4. Агапонов Н. Н. путеводитель по объектам лесной лесомелиорации горного Крыма / Н. Н. Агапонов, А. И. Ковальский. – 2004. – Симферополь. – 142 с.
5. Поляков А. Ф. Лесные формации Крыма и их экологическая роль / А. Ф. Поляков, Ю. В. Плуготарь. – Харьков: Новое слово, 2009. – 405 с.
6. Шмарина Я. Г. Стимуляция прорастания семян с твердым покровом раствором ацетона различной концентрации на примере семян гледичии трехколючковой (*Gleditsia triacanthos* L.) / Я. Г. Шмарина, К. А. Ряскова // Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2016. – № 7 (91). – С. 4–7.
7. Дубенок Н. Н. Состояние и мелиоративная эффективность полей защитных лесонасаждений Краснодарского края / Н. Н. Дубенок, В. В. Танюкевич, С. В. Тюрин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – №1. – С. 36–38.
8. Климов А. Д. Репродуктивная способность интродуцированных видов рода *Gleditsia* L. в условиях светло-каштановых почв / А. Д. Климов, Д. К. Кулик // Материалы Международной научно-практической конференции «Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО». – 2013. – Т.3. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. – С. 307–311.

9. Деревья и кустарники запада УССР. Атлас. / Под редакций Т. М Бродович., М. М Бродович. – Львов: Вища школа, 1979. – С. 182–183.
10. Вакулюк П. Г. Лесоразведение и лесовосстановление в Украине: Монография / П. Г. Вакулюк, В. И. Самоплавский – Харьков: Прапор, 2006. – С. 179.
11. Славинская А. В. Ферментативная активность почв с учетом сезонной динамики в предгорной зоне Крыма / А. В. Славинская, А. В. Ивашов, В. Г. Кобечинская, В. М. Громенко, А. И. Якубовская, И. А. Каменева, М. В. Гритчин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7 (73), № 1. – С. 169–179.
12. 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. – Том 8 (74), № 1. – С. 177–187.
13. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 512 с.
14. Мелехов И. С. Лесоведение / И. С. Мелехов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 406 с.
15. Рожков А. А. Оценка устойчивости и состояния лесов / А. А. Рожков // Лесоведение. – 2003. – № 1. – С. 66–72.
16. Густова А. И. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении / А. И. Густова, Д. К. Терехина // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 5(41). – С. 55–59.
17. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение, 1989. – № 4. – С. 51–57.
18. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин – М: Наука. – 1990. – 352 с.
19. Бойко Г. Е. Оценка жизненного состояния насаждений сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) в лесопарковом массиве Симферопольского водохранилища / Г. Е. Бойко, В. М. Громенко // Экосистемы. – 2016. – Вып. 8. – С. 63–68.
20. Бойко Г. Е. Оценка таксационных показателей и жизненного состояния экспериментальных лесных культур кедра ливанского и кедра атласского в урочище Кесслерский лес / Г. Е. Бойко, В. М. Громенко // Актуальные проблемы современного лесоводства. Вторые международные чтения памяти Г. Ф. Морозова. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2020. – С. 82–90.
21. Поляков А. Ф. Полезащитные лесные полосы в степях Крыма / А. Ф. Поляков, Ю. В. Плуготарь // Научное обоснование основных направлений развития агропромышленного комплекса Крыма в условиях рыночной производства. Симферополь: Таврия. – 2005. – С. 281–287.

## **SPATIAL STRUCTURE AND LIFE STATE OF PLANTS GLEDITSY THREE-POD (*GLEDITSIA TRIACANTHOS* L.) IN THE FOOTHILL ZONE OF CRIMEA**

***Gromenko V. M., Ivashov A. V., Kobechinskaya V. G., Alekseeva A. I.***

*V. I. Vernadsky Crimean Federal Universiti, Simferopol, Republic of Crimea, Russia  
E-mail: grom.v.2019@mail.ru*

The most effective measure for regulating surface runoff and snow distribution, regulating atmospheric precipitation and smoothing the amplitude of temperature fluctuations in the hottest period of the year, as well as reducing the negative impact of water and wind erosion, hurricanes and dry winds is field-protective forestry.

The object of the study was a typical old-growth honey locust forest belt from pure plantings of the three-thorned locust (*Gleditsia triacanthos* L.) with an area of 2.2 ha. It is located 10 km northeast of the city of Simferopol, at an altitude of about 180 m above sea level with coordinates in the center on the Google satellite map: 45°07'96" N –

34°17'09" E; laid on non-irrigated lands and is intended to protect agricultural land from adverse climatic factors.

As a result of the study, it was found that the forest belt belongs to the openwork-blown type of forest plantation. Initially, it was laid out according to the scheme of a three-row shelterbelt from one main rock with a distance of 2 m between trees in a row and 4 m between rows. At present, the distance between trees in a row is on average  $3.6 \pm 0.2$  meters. The diameter of the crowns as a whole in three rows is  $\bar{x} = 5.9 \pm 0.3$  m, and the diameter of the trunks is  $\bar{x} = 26.8 \pm 0.7$  cm.

The vertical structure is represented by a forest stand with a height  $\bar{x} = 10.8 \pm 0.2$  m) is  $1.8 \pm 0.1$  cm/cm<sup>2</sup> and varies from 0.8 to 4.5 cm/cm<sup>2</sup>. There is a statistically significant high inverse relationship between the indicators of the FC and COP ( $R = -0.98$ ). The index of relative life condition (RLS) in general for the stand of the forest belt is  $94.0 \pm 2.2$  %. At the same time, 80 % of the trees are classified as healthy and only 20 % are weakened.

The good vital state of the forest stand as a whole and separately of trees clearly indicates the fact that the ecological conditions for the growth of honey trout trithorn in a pure stand on foothill chernozems are favorable and their areas should be expanded.

The good vital state of the forest stand as a whole and separately of trees clearly indicates the fact that the ecological conditions for the growth of honey trout trithorn in a pure stand on foothill chernozems are favorable and their areas should be expanded.

It is advisable to amend the Code of Administrative Offenses, the clause on toughening the punishment for unauthorized logging of field-protective plantings with full compensation for the damage caused, because, in the conditions of a steady trend of desertification, their climate-forming, environment-forming, water-regulating, water-protective, soil-protective, anti-erosion and soil-protective role can hardly be overestimated.

**Keywords:** foothill Crimea, forest protection belt, honey trout, ecological conditions of growth, taxation indicators of forest stand.

### References

1. Mishnev V. G., Tsyplakov N. I. On the importance and condition of field-protective afforestation in the Crimea, *Ecosystems of the Crimea, their optimization and protection*, **11**, 12 (2001).
2. Bagrova L. A., Garkusha L. Ya. Artificial planted forests in the Crimea, *Ecosystems, their optimization and protection*, **20**, 134 (2009).
3. Kobechinskaya V. G., Yarosh O. B. Experience of afforestation in the Crimea: from the past to the present, *Bull. "Use and protection of natural resources in Russia"*, **2**, 22 (2017).
4. Agaponov N. N., Kovalsky A. I. *Guide to the objects of forest amelioration of the mountainous Crimea*, 142 p. (Simferopol, 2004).
5. Polyakov A. F., Plugotar Yu. V. *Forest formations of the Crimea and their ecological role*, 405 (Kharkov: New word, 2009).
6. Shmarina Ya. G., Ryaskova K. A. Stimulation of germination of seeds with a hard covering by acetone solution of various concentrations on the example of seeds of the gleditsy three-pod (*Gleditsia triacanthos* L.), *New Science: Problems and Prospects*, **7 (91)**, 4 (2016).
7. Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Tyurin S. V. Condition and ameliorative efficiency of shelterbelt afforestation of the Krasnodar Territory, *Russian Agricultural Science*, **1**, 36 (2017).

8. Klimov A. D., Kulik D. K. The reproductive capacity of introduced species of the genus *Gleditsia* L. in conditions of light chestnut soils, *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Integration of science and production – a strategy for sustainable development of the agro-industrial complex of Russia in the WTO"*, **3**, 307 (Volgograd: FGBOU VPO Volgograd State Agrarian University, 2013).
9. Edited by T. M. Brodovich., M. M. Brodovich, *Trees and shrubs of the west of the Ukrainian SSR*. Atlas, 182 (Lvov: Higher School, 1979).
10. Vakulyuk P. G., Samoplavsky V. I. *Afforestation and reforestation in Ukraine*: Monograph, 179. (Kharkov: Prapor, 2006).
11. Slavinskaya A. V., Ivashov A. V., Kobechinskaya V. G. [et al.] Enzymatic activity of soils taking into account the seasonal dynamics in the foothill zone of the Crimea, *KFU of the V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*, **7(73)**, 1, 169(2021).
12. Slavinskaya A. V., Kobechinskaya V. G., Ivashov A. V., Gritchyn M. V. Seasonal dynamics of carbon dioxide release ("soil respiration") in the foothill zone of Crimea, *KFU of the V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*, **8 (74)**, **1**, 177 (2022).
13. Anuchin N. P. *Forest inventory*, 512 (M.: Timber industry, 1982).
14. Melekhov I. S. *Forest science*, 406 (M.: Timber industry, 1980).
15. Rozhkov A. A. Assessment of forest sustainability and condition, *Forest Science*, **1**, 66 (2003).
16. Gustova A. I., Terekhina D. K. Estimation of hydro-physical characteristics of wood for substantiation of silvicultural care in protective afforestation, *The Agrarian Herald of the Urals*, **5(41)**, 55 (2007).
17. Alekseev V. A. Diagnostics of the vital state of trees and stands, *Forest Science*, **4**, 51 (1989).
18. Lakin G. F. *Biometry*, 352 (M: Nauka, 1990).
19. Boyko G. E., Gromenko V. M. Estimation of life state of Crimean pine (*Pinus pallasiana* D. Don) plantations in forest-park massif of Simferopol reservoir, *Ecosystem*, **8**, 63 (2016).
20. Boyko G. E., Gromenko V. M. *Assessment of taxation indices and life state of experimental forest cultures of Lebanese and Atlas cedars in Kessler forest tracts*, Actual problems of modern forestry. Second International Readings in Memory of G. F. Morozov, 82 (Simferopol: IT ARIAL, 2020).
21. Polyakov A. F., Plugotar Y. V. *Shelterbelt forests in the steppes of Crimea*, Scientific substantiation of the main directions of development of agroindustrial complex of the Crimea under market production, 281 (Simferopol: Tavriya, 2005).

УДК 58.009

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-69-75

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ *RUBUS* *PSEUDOSHAMAEMORUS* (ROSACEAE) НА ОСТРОВЕ САХАЛИН

Денисова Я. В.<sup>1</sup>, Сабирова Н. Д.<sup>2</sup>, Попова Я. П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

<sup>2</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

E-mail: denisova.saxgu@bk.ru

Приведены сведения о новых находках *Rubus pseudochamaemorus* на территории острова Сахалин. Геоботанические исследования проведены в период вегетационного сезона 2019–2022 гг. На основе данных авторов статьи и проверенных литературных источников построена карта распространения *R. pseudochamaemorus* на о-ве Сахалин. Цитируемые образцы хранятся в гербариях (ЛЕ, г. Санкт-Петербург), (САК, г. Южно-Сахалинск), Сахалинского государственного университета (г. Южно-Сахалинск). Новые находки выравнивают изученность распространения этого вида и дополняют ранее известные находки на Сахалине. Принимая во внимание имеющиеся данные, северная граница вида приводится 48°46'35" с.ш., южная – 46°36'30" с.ш. В настоящее время на острове Сахалин места обитания вида *Rubus pseudochamaemorus* представлены среди моховых болот и влажных лугов, а также на заболоченных лиственничных лесах.

**Ключевые слова:** флористические находки, *Rubus pseudochamaemorus*, распространение, Сахалин.

### ВВЕДЕНИЕ

Рубус ложноморошковый (*Rubus pseudochamaemorus* Tolm.) – восточноазиатский вид семейства Rosaceae. На Российском Дальнем Востоке (РДВ) вид встречается на моховых болотах, заболоченных лугах, в заболоченных лесах южной части о. Сахалин, на о. Кунашир. За пределами РДВ указывается произрастание рубуса ложноморошкового в Японии (о. Хоккайдо) и Китае. Его основной ареал находится в Южно-Сахалинской флористической области [1, 2]. В существующих сводках по флоре Сахалина вид рассматривался в качестве разновидности *Rubus chamaemorus* L. var. *pseudochamaemorus* (Tolm.) Worosch. [3, 4]. В отличие от широко распространенного *Rubus chamaemorus* L. на Сахалине, в южной подзоне, этот вид уступает красноплодной морошке (*R. pseudochamaemorus*) – новому виду, описанному А. И. Толмачевым для южной части о. Сахалин [5].

Вид, достаточно хорошо морфологически отграничен от *R. chamaemorus* и имеет естественный ареал, охватывающий Южный Сахалин, южные Курильские острова и Хоккайдо [6].

К настоящему времени назрела необходимость нового обобщения флористических находок этого вида во флоре Сахалина, не вошедшие в

цитированные выше публикации, что и представлено в настоящей работе. Отметим, что часть публикуемых находок были описаны ранее в материалах [5, 7, 1].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для уточнения распространения *R. pseudochamaemorus* на Сахалине преимущественно были использованы материалы полевых исследований авторов в пределах рассматриваемого региона (Сахалинская область) в 2019–2022 гг. Карта распространения *R. pseudochamaemorus* построена на основе данных авторов настоящей статьи [8–10] и проверенных литературных источников. Цитируемые образцы хранятся в гербариях (ЛЕ, г. Санкт-Петербург), (САК, г. Южно-Сахалинск), Сахалинского государственного университета (г. Южно-Сахалинск).

*Rubus pseudochamaemorus* – многолетний летнезеленый травянистый тонко-длиннокорневищный симподиально нарастающий поликарпик с удлиненным прямостоячим побегом высотой 10–35 см. Стебли прямые, с 2–3 мягко опушенными листьями. Листья простые, трёх-пятилопастные, тонкие, нескладчатые, снизу (главным образом по слабо выступающим и сравнительно тонким жилкам) густо опушённые простыми волосками, иногда с примесью единичных железистых волосков; лопасти тупые, по краю мелкозубчатые. Опушение черешка, чашечки, цветоножек густое и состоит преимущественно из длинных простых волосков. Цветки актиноморфные, одиночные, однополые, верхушечные, доли чашелистиков оттянуто-овальные, тупоконечные до закруглённых, мягко опушённые, иногда с немногими железистыми волосками. Венчик белый, 8–10 мм длиной. Плодоножки в 1,5–2 раза короче черешков верхних листьев. Плоды – полушаровидные карминно-красные многокостянки, сочные, кисло-сладкие, как у княженики, но с терпким привкусом морошки обыкновенной (рис. 1); косточки гладкие, до 3 мм длиной. Диплоидное число хромосом рубуса ложноморошкового –  $2n=56$  [2].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ изученных материалов позволил установить новые места произрастания *R. pseudochamaemorus* на территории Сахалина. Выявлено 16 новых местонахождений вида в рассматриваемом регионе (рис. 2): 1. Углегорский р-н, м. Ламанон, 48°46'35" N; 141°550'56" E, папоротниково-разнотравное сообщество, 27 VI 2019, Сабирова Н.Д.; 2. Томаринский район, г. Красногорск, 48°25'39" N; 142°05'09" E, кустарниково-разнотравное сообщество, 01 VII 2019, Сабирова Н.Д.; 3. Долинский р-н, озеро Лебяжье, 47°24'37" N, 142°49'06" E, лиственнично-восковниково-разнотравное сообщество, 13 VII 2020, Денисова Я. В.; 4. Долинский р-н, с. Фирсово, 47°39'02" N, 142°34'07" E, лиственничник кустарниково-разнотравный, 25 VI 2020, Денисова Я. В.; 5. Долинский р-н, п. Дудино, 47°48'07" N, 142°32'09" E, кустарниково-разнотравное сообщество, 15 VI 2020, Денисова Я. В.; 6. Долинский р-н, перевал по дороге на м. Острый, 47°18'5" N, 142°55'6" E, пихтово-еловый лес с папоротником, 27 VI 2019, Денисова Я. В.; 7. Долинский р-н, ж.-д. ветка Сокол-Быков, 5-й км, 47°14'08" N, 142°45'10" E, болотистая местность, 07 VIII 2020, Денисова Я. В.;



Рис. 1. Плодоносящее растение *Rubus pseudochamaemorus* и зрелые плоды. о. Сахалин, Долинский р-н, ж.-д. ветка Сокол-Быков, 5-й км, окраина болота, 7 VIII 2020. Фото Я. В. Денисовой.

8. Корсаковский р-н, п. Пихтовое, 46°32'29" N, 143°23'51" E, лиственничник морошково-разнотравный, 03 VIII 2020, Попова Я.П.; 9. Корсаковский р-н, вблизи с. Утесное, 46°35'57" N, 143°04'33" E, елово-пихтово-папоротниковое сообщество, 20 VI 2019, Попова Я. П.; 10. Корсаковский р-н, вблизи с. Озерское, 46°36'30" N, 143°06'50" E, лиственничник морошково-разнотравный, 04 VIII 2020, Попова Я. П.; 11. Корсаковский р-н, оз. Буссе, 46°32'18" N, 143°19'59" E, морошково-разнотравное сообщество, 06 VIII 2019, Попова Я. П.; 12. Корсаковский р-н,

оз. Свирское, 46°36'24" N, 143°10'45" E, болотистая местность, 15 VII 2020, Попова Я. П.; 13. Корсаковский р-н, р. Ягодная, 46°33'26" N, 143°08'48" E, разнотравно-морошковое сообщество, 17 VIII 2019, Попова Я. П.; 14. Анивский р-н, с. Песчанское, 46°43'15" N, 142°34'55" E, лиственничник морошково-разнотравный, 14 VII 2019, Денисова Я. В.; 15. Анивский р-н, с. Воскресенское, 46°45'02" N, 142°31'55" E, морошково-разнотравное сообщество, 10 VII 2019, Денисова Я. В.; 16. Анивский р-н, с. Успенское, 46°51'06" N, 142°35'05" E, восковниково-разнотравное сообщество, 25 VI 2020, Денисова Я. В.

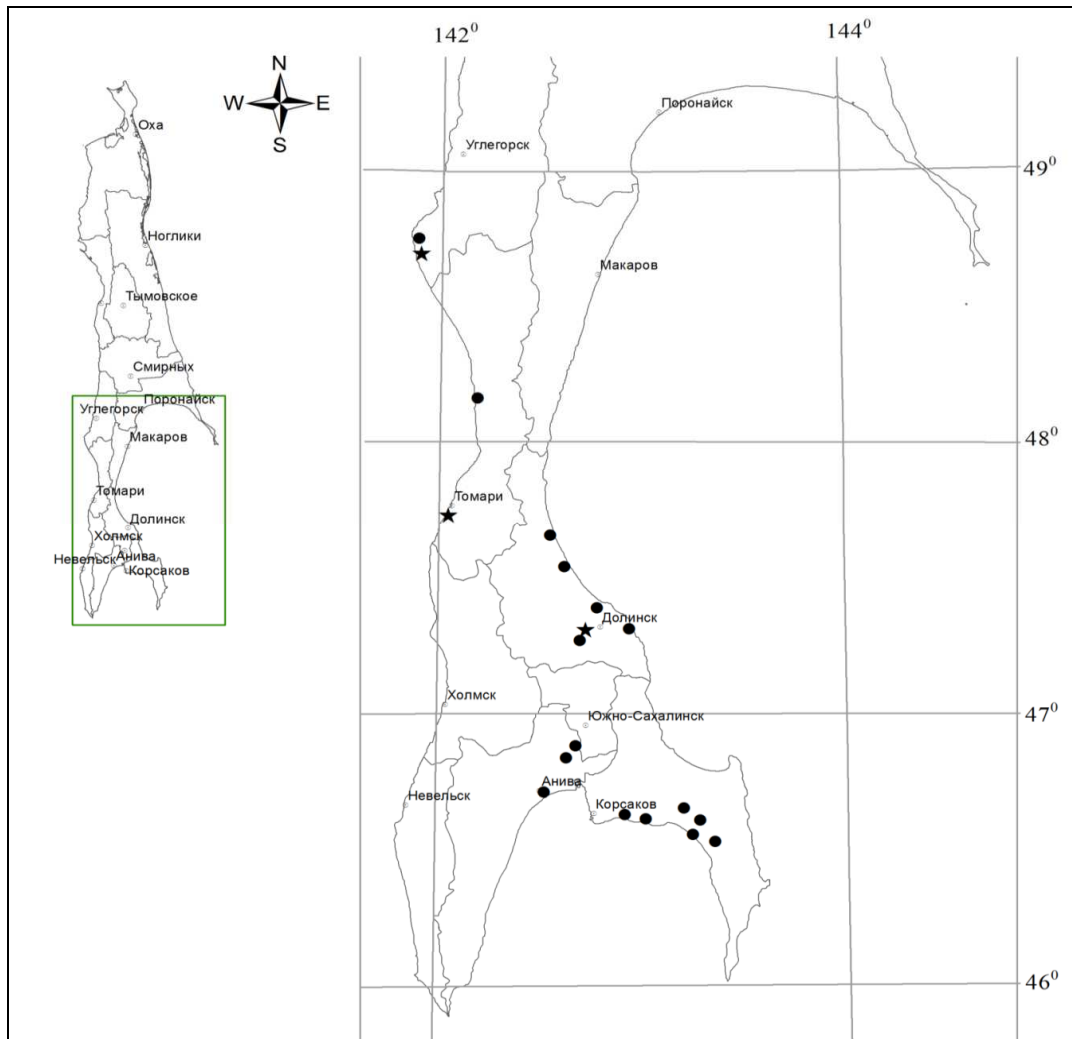


Рис. 2. Распространение *Rubus pseudo-chamaemorus* на о-ве Сахалин. Точки – новые сборы, звездочки – ранее известные местонахождения.



На о-ве Сахалин *R. pseudochamaemorus* встречается в южной части острова: Западносахалинском горном и Ламанонском прибрежном районах подзоны зеленомошных темнохвойных лесов с преобладанием ели; Центральном (Южносахалинском) горном, Юго-Восточном районах, районе Южно-Сахалинской низменности подзоны темнохвойных лесов с преобладанием пихты; Юго-западном районе подзоны темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород [11]. Отмечен по опушкам ельников, в разреженных лиственничниках, по окраинам болот, на сырых луговинах и опушках с различной степенью обилия (cop<sub>1</sub>-sp).

Таким образом, анализ материалов показывает, что все места произрастания *R. pseudochamaemorus* на островной территории ареала сосредоточены в пределах южной подзоны зоны хвойных таежных лесов, южно-охотской темнохвойной лесной подобласти, Сахалинской провинции, которая, по-видимому, и ограничивает естественную область распространения вида к северу. Особого внимания заслуживает обнаружение *R. pseudochamaemorus* в ранее известных местонахождениях, поскольку предыдущие находки датировались в середине XX века [5]. На данный момент наиболее северной точкой области распространения *R. pseudochamaemorus* на о-ве Сахалин является его находка в окрестностях м. Ламанон (48°46'35" с. ш.). С учетом цитируемых образцов и опубликованных данных [5, 4, 7, 1] на территории о-ва Сахалин к настоящему времени известно девятнадцать местонахождений *R. pseudochamaemorus*, однако все они имеют близкую локализацию, за исключением находок в Корсаковском, Анивском районах. Нашими находками подтверждается нахождение этого вида на Сахалине и дополняются сведения по его распространению.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований, основанные на анализе литературных источников и собственных данных, уточнена северная (48°46'35") и южная (46°36'30") границы естественной области распространения *R. pseudochamaemorus* в южносахалинском секторе его ареала. В настоящее время область распространения рубуса ложноморошкового на Сахалине не выходит за пределы, где вид встречается на моховых болотах и сырых лугах, в заболоченных лиственничниках.

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа, осуществлявшаяся в течение 2019–2022 г., выполнена в рамках реализации государственного задания ИМГиГ ДВО РАН по теме «Влияние природных факторов и хозяйственной деятельности на биоразнообразие и компоненты экосистем в условиях активных геодинамических зон Сахалина и Курильских островов» (государственная регистрация № 115012770156). При выполнении работы были использованы также материалы Гербария сосудистых растений, лишайников и мхов ИМГиГ ДВО РАН (САК).

#### Список литературы

1. Баркалов В. Ю. Флора Курильских островов. / Баркалов В. Ю. – Владивосток, 2009. – 468 с.

2. Пробатова Н. С. Кариология флоры Сахалина и Курильских островов. Числа хромосом, таксономические и фитогеографические комментарии / Н. С. Пробатова, В. Ю. Баркалов, Э. Г. Рудыка. – Владивосток, 2007. – 392 с.
3. Ворошилов В. Н. Определитель растений советского Дальнего Востока. / Ворошилов В. Н. – М., 1982. – 674 с.
4. Якубов В. В. Семейство Розовые (Rosaceae) / В. В. Якубов, В. А. Недолужко, И. А. Шанцер, В. Н. Тихомиров, С. Д. Румянцев. – В кн.: Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. – СПб., 1996. – Т. 8. – С. 125–246.
5. Толмачев А. И. Новый вид морошки с о. Сахалин. / Толмачев А. И. – Ботан. материалы гербария Ботан. Ин-та. – М., 1954. – Т. 16. – С. 104–108.
6. Баркалов В. Ю. Список видов сосудистых растений острова Сахалин / В. Ю. Баркалов, А. А. Таран. – В кн.: Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы международного сахалинского проекта). Часть 1. – Владивосток, 2004. – С. 39–66.
7. Пробатова Н. С. Рубус – *Rubus L.* / Н. С. Пробатова, В. Ю. Баркалов. – В кн.: Флора российского Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока». Т. 1-8 (1985-1996). – Владивосток, 2006. – С. 166–167.
8. Денисова Я. В. Недревесные растительные ресурсы Тонино-Анивского полуострова / Я. В. Денисова, Я. П. Попова, А. А. Гальцев // Московский экономический журнал. – 2021. – № 4. – С. 183–192.
9. Денисова Я. В. Распространение морошки (*Rubus L.*) на Сахалине / Я. В. Денисова, Н. Д. Сабирова, Я. П. Попова // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Тезисы докладов IV Всероссийская научная конференция с международным участием. – Южно-Сахалинск, 2021. – С. 149.
10. Попова Я. П. Эколого-ценотическая характеристика пищевых растений юго-восточной части острова Сахалин / Я. П. Попова, Я. В. Денисова // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2021. – № 2-1. – С. 46–48
11. Толмачев А. И. Геоботаническое районирование острова Сахалина. / Толмачев А. И. – М.; Л. 1955. – 80 с.

## NEW DATA ON THE DISTRIBUTION OF *RUBUS PSEUDOCHAMAEMORUS* (ROSACEAE) ON SAKHALIN ISLAND

*Denisova Ya. V.<sup>1</sup>, Sabirova N. D.<sup>2</sup>, Popova Ya. P.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

*E-mail: denisova.saxgu@bk.ru*

*Rubus pseudochamaemorus* is the Far Eastern specie that belongs to the Rosaceae family. In the Far Eastern Regions of Russia the specie occurs amongst moss swamps, waterlogged meadows and forests occupying the southern part of Sakhalin Island and Kunashir Island. In addition to the Far Eastern Regions of Russia *Rubus pseudochamaemorus* can be distributed across Japan (Hokkaido Island) and China. However, the main distribution area lies across the floristic region of Yuzhno-Sakhalinsk. Information about new finds of *Rubus pseudochamaemorus* on the territory of Sakhalin Island is given. Geobotanical studies were carried out during the growing season of 2019–2022. Based on the data of the authors of the article and verified literature sources, a map of the distribution of *R. pseudochamaemorus* on Sakhalin Island was constructed.

The cited samples are stored in the herbariums (LE, St. Petersburg), (SAK, Yuzhno-Sakhalinsk), Sakhalin State University (Yuzhno-Sakhalinsk). *R. Pseudochamaemorus* can be found across the southern part of Sakhalin Island: western Sakhalin mountain area and Cape Lamanon coastal district within the green moss sub-zone of dark-coniferous forests dominated by spruce tree; central (Southern Sakhalin) mountain area, south-eastern areas, Southern Sakhalin lowland area in the sub-zone of dark-coniferous forests dominated by fir tree; south-western area in the sub-zone of dark-coniferous forests with a mix of broad-leaved species. It was also spotted across outskirts of spruce forests, sparse larch forests, periphery of swamps, waterlogged meadows, and outskirts with a varied density rate (cop<sub>1</sub>-sp). Sixteen new plant habitat locations of the specie were identified within the researched region (Ulegorsky District, Cape Lamanon; Tomarinskii District, Krasnogorsk; Dolinsky District: lake Lebyazh'ye, village Ferisovo, Dudino Settlement, pass on the way to Cape Ostry, railroad branch of Sokol-Bykov; Korsakovsky District: Pihtovoe Settlement, in the proximity to village Utesnoe, in the proximity to village Ozerskoe, lake Busse, lake Svirskoe, river Yagodnaya; Anivsky District: village Peschanskoe, village Voskresenskoe, village Uspenskoe). New finds even out the knowledge of the distribution of this species and complement the previously known finds on Sakhalin. Taking into account the available data, the northern boundary of the species is given at 48°46'35" N, the southern boundary at 46°36'30" N. Currently, on Sakhalin Island, the habitats of the species *Rubus pseudochamaemorus* are found among moss bogs and wet meadows, as well as in swampy larch forests.

**Keywords:** floristic finds, *Rubus pseudochamaemorus*, distribution, Sakhalin.

#### References

1. Barkalov V. Yu., *Flora of the Kuril Islands* (Vladivostok, 2009).
2. Probatova N. S., Barkalov V. Yu., Rudyka E. G., *Kariology of the flora of Sakhalin and the Kuril Islands. Chromosome numbers, taxonomic and phytogeographic comments* (Vladivostok, 2007).
3. Voroshilov V. N., *Key to plants of the Soviet Far East* (Moscow, 1982).
4. Yakubov V. V., Nedoluzhko V. A., Shancer I. A., Tikhomirov V. N., Rumyantsev S. D. *Rose family (Rosaceae). Vascular plants of the Soviet Far East*, **8**, 125 (St. Petersburg, 1996).
5. Tolmachev A. I. A new type of cloudberry from about. Sakhalin, Botan. materials of the herbarium of the Botanical Institute, **16**, 104 (1954).
6. Barkalov V. Yu., Taran A. A., *List of vascular plant species of Sakhalin Island. In: Flora and Fauna of Sakhalin Island (Materials of the International Sakhalin Project). Part 1* (Vladivostok, 2004).
7. Probatova N. S., Barkalov V. Yu. *Rubus – Rubus L. Flora of the Russian Far East: Additions and changes to the publication "Vascular plants of the Soviet Far East"* (Vladivostok, 2006).
8. Denisova Ya. V., Popova Ya. P., Galcev A. A., Non-timber plant resources of the Tonino-Aniva Peninsula, *Moscow Economic Journal*, **4**, 183 (2021).
9. Denisova Ya. V., Sabirova N. D., Popova Ya. P., Distribution of cloudberry (*Rubus L.*) on Sakhalin, Geodynamic processes and natural disasters, *Abstracts IV All-Russian scientific conference with international participation. Yuzhno-Sakhalinsk*, (2021).
10. Popova Ya. P., Denisova Ya. V., Ecological and coenotic characteristics of food plants in the southeastern part of Sakhalin Island, *International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral*, **2-1**, 46 (2021).
11. Tolmachev A. I. *Geobotanical zoning of Sakhalin Island* (Moscow, Leningrad, 1955).

**УДК 619:615.357:636.22/.28**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-76-84**

## **ЛИПИДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У РАСТУЩИХ ТЕЛОЧЕК РАЗНЫХ ПОРОД**

**Еременко В. И.<sup>1</sup>, Ротмистровская Е. Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, Курск, Россия*

<sup>2</sup>*Курский государственный медицинский университет, Курск, Россия*

*E-mail: vic.eriomenko@yandex.ru*

В работе представлены результаты исследования общих липидов, общего холестерина и триглицеридов в крови у растущих телочек разных пород (голштинизированная черно-пестрая, симментальская, абердин-ангусская, помесные животные (симментальская х абердин-ангусская) от рождения до 15-ти месячного возраста. Установлено, что с увеличением возраста телочек разных пород от рождения до 15 месячного возраста уровень липидов, общего холестерина и триглицеридов в их крови увеличивается. Во все периоды роста незначительно выше живая масса, уровень общих липидов, общего холестерина и триглицеридов отмечены у помесных телок (симментальская х абердин-ангусская) по отношению к сравниваемым черно-пестрым, симментальским и абердин-ангусским ( $p > 0,05$ ).

**Ключевые слова:** телочки, голштинизированная черно-пестрая, симментальская, абердин-ангусская, помесные животные (симментальская х абердин-ангусская), живая масса, общие липиды, общий холестерин, триглицериды.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На животноводческих комплексах по выращиванию крупного рогатого скота используется множество различных пород как молочного, так и мясного направления продуктивности, в том числе и импортной селекции [1, 2].

Имеются исследования где указывается на особенности физиолого-биохимического статуса у разных пород животных, а также от их линейной принадлежности, индивидуальных особенностей и их продуктивности [3–6]. Имеется достаточно большое количество исследований биохимических и других показателей крови у разных пород крупного рогатого скота в разные периоды онтогенеза [7]. Однако, в сравнительном аспекте у разных пород выращиваемых в одинаковых условиях крайне мало. Известно, что для оценки липидного обмена традиционно используют такие показатели крови как общие липиды, общий холестерин и триглицериды. [8]. Липидные показатели непосредственно используются в формировании молочной и мясной продуктивности. Так, роль общих липидов и холестерина в формировании продуктивных показателей у крупного рогатого скота многогранна. Эти показатели являются предшественниками ряда стероидов, а также

для синтеза компонентов молока. Холестерол является компонентом всех клеточных мембран, используется для биосинтеза стероидных и половых гормонов. Триглицериды играют важную роль для скелетной мускулатуры и миокарда, так как выступают основным источником энергии [9–12].

В связи с этим представляется актуальным изучение общих липидов, общего холестерина и триглицеридов в крови растущих телочек от рождения до 15-ти месячного возраста голштинизированной черно-пестрой, симментальской, абердин-ангусской, и помесных телочек (симментальская х абердин-ангусская).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования были отобраны телочки трех пород – первая группа – черно-пестрая, вторая группа – симментальская, третья группа – абердин-ангусская, четвертая группа – помесные телочки (симментальская х абердин-ангусская). В каждой группе было по 10 голов аналогов. Животные содержались в одинаковых условиях. Кормление подопытных телок разных групп соответствовало зоотехническим нормам. Кровь брали из хвостовой вены натошак в период от рождения в 3, 6, 12 и 15-ти месячном возрасте. Концентрацию общих липидов, общего холестерина и триглицеридов определяли на биохимическом анализаторе «Sapphire 400». Полученный цифровой материал подвергли статистической обработке по Р. Х. Кармолиеву [13]. При расчетах использовали значение вероятностей по распределению Стьюдента. Разницу в значениях считали статистически достоверной при ( $P < 0,05$ ).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Живая масса.* Результаты исследования динамики живой массы подопытных телочек приведены на рисунке 1.

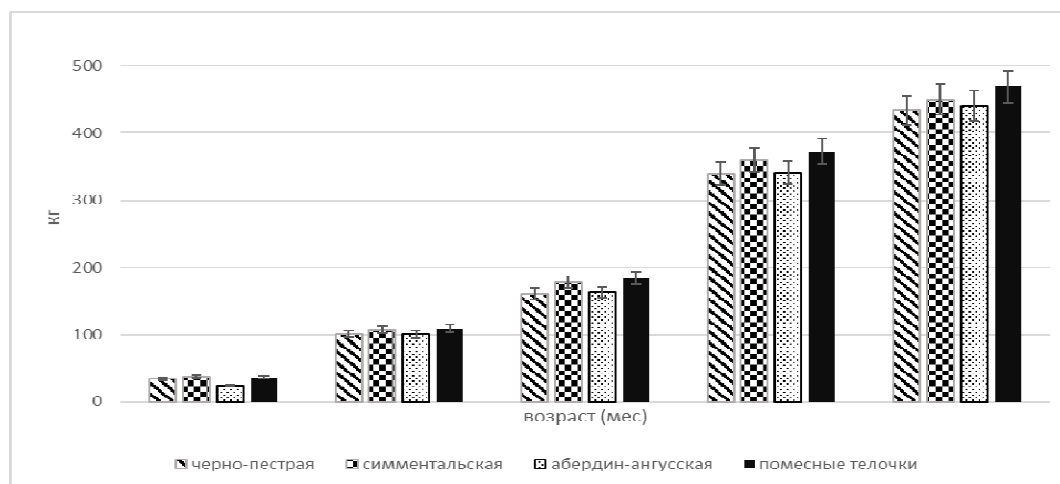


Рис. 1. Динамика живой массы растущих телочек от рождения до 15 месяцев.

Основным показателем роста и развития животных – является их живая масса в разные возрастные периоды. В наших исследованиях во все возрастные периоды имелись различия по живой массе телок изучаемых пород.

Так при рождении абердин-ангусские телочки имели относительно меньшую массу по сравнению с голштинизированными черно-пестрыми, симментальскими и помесными телочками. Живая масса у абердин-ангусских телочек составляла  $24,4 \pm 0,5$  кг, у черно-пестрых голштинов  $33,8 \pm 0,7$  кг, у симменталов  $37,4 \pm 0,5$  кг. У помесных телочек (абердин-ангуссы х симментальские) –  $35,9 \pm 0,8$  кг.

К 3-му месяцу жизни произошло увеличение живой массы во всех группах. Черно-пестрые телочки имели живую массу в 3 раза больше, считая от рождения: от  $33,8 \pm 0,7$  кг до  $101,3 \pm 2,1$  кг, симментальские в 2,8 раза от  $37,4 \pm 0,5$  кг до  $107,2 \pm 2,5$  кг, абердин-ангусские в 4 раза: от  $24,4 \pm 0,5$  кг до  $100,3 \pm 3,8$  кг. Помесные телочки (абердин-ангуссы х симментальские) увеличили свою живую массу в 3 раза: от  $35,9 \pm 0,9$  кг до  $108,7 \pm 1,7$  кг. Следует отметить, что на 3 месяце жизни симментальские и помесные телочки превосходили своих сверстниц по живой массе.

На 6 месяце жизни помесные телочки значительно превосходили своих сверстниц по живой массе, которая составляла –  $184,2 \pm 2,2$  кг, черно-пестрые телочки имели относительно низкую живую массу –  $161,3 \pm 2,9$  кг.

Начиная с 12-ти месячного возраста между подопытными группами телочек отмечены наиболее существенные отличия. Тенденция к превосходству по живой массе в дальнейшем у помесных телочек сохранялась.

К 15-ти месячному возрасту телочки черно-пестрой породы имели живую массу  $434,0 \pm 5,3$  кг, симментальские –  $449,7 \pm 6,3$  кг, абердин-ангусские –  $441,1 \pm 3,5$  кг, помесные  $468,9 \pm 4,2$  кг. Среднесуточные приросты у черно-пестрых телочек от рождения до 15 месячного возраста составили  $875,7$  гр, у симментальских –  $902,1$  гр, у абердин-ангусских –  $911,7$  гр, у помесных телочек –  $947,5$  гр.

*Общие липиды.* Результаты исследования уровня общих липидов в крови подопытных телочек приведены на рисунке 2.

Концентрация общих липидов у новорожденных телочек была на низком уровне и составила у черно-пестрой породы  $2,5 \pm 0,15$  г/л, у симментальской  $2,4 \pm 0,13$  г/л, у абердин-ангусской  $2,7 \pm 0,14$  г/л, у помесных  $2,8 \pm 0,12$  г/л. Более интенсивно увеличение уровня общих липидов в крови произошло к 3-месячному возрасту в период, когда телочки получали молозиво и цельное молоко.

К 3-месячному возрасту общие липиды увеличились у черно-пестрых телок до  $4,4 \pm 0,4$  г/л, у симментальских  $4,3 \pm 0,3$  г/л, у абердин-ангусской  $4,5 \pm 0,2$  г/л, у помесных –  $4,6 \pm 0,2$  г/л. С этого возраста наблюдалась стабилизация уровня этого показателя. В 6-ти месячном возрасте относительно незначительно выше уровень общих липидов отмечен в группе абердин-ангусских и помесных телочек ( $4,8 \pm 0,3$  г/л.). В группе черно-пестрых телочек и симментальских показатели общих липидов отмечены на уровне –  $4,7 \pm 0,4$  г/л и  $4,6 \pm 0,4$  г/л соответственно.

Следует отметить, что с возрастом по мере становления рубцового пищеварения, который происходит с 3-х месячного возраста, в пищеварительном

тракте животных происходит адаптация к потреблению грубых кормов и увеличению в рационе содержания клетчатки [14].

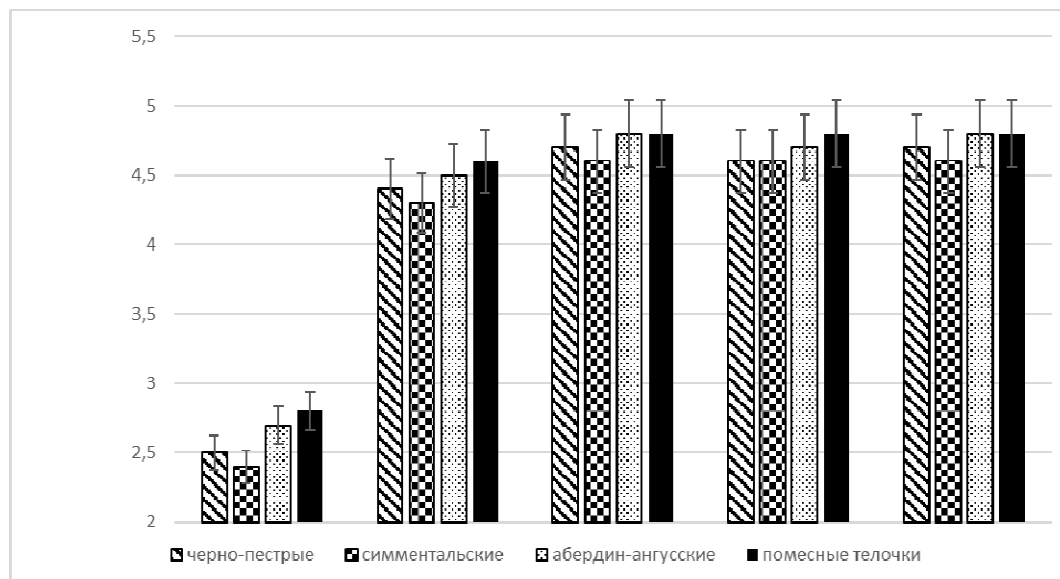


Рис. 2. Динамика общих липидов в крови растущих телочек разных пород.

С 12-месячного возраста уровень общих липидов в крови оставался без особых изменений до 15-месячного возраста. Концентрация общих липидов у 15-ти месячных телочек составила у черно-пестрой породы  $4,7 \pm 0,3$  г/л, у симментальской  $4,6 \pm 0,3$  г/л, у абердин-ангусской  $4,8 \pm 0,4$  г/л, у помесных  $4,8 \pm 0,3$  г/л. Имеющиеся различия между подопытными группами телочек были статистически не достоверными ( $P > 0,05$ )

*Общий холестерол.* Результаты исследования уровня общего холестерина в крови подопытных телочек приведены на рисунке 3.

При рождении концентрация общего холестерина у подопытных телочек составила: у черно-пестрой породы  $2,1 \pm 0,12$  ммоль/л, у симментальской  $2,0 \pm 0,10$  ммоль/л, у абердин-ангусской  $2,2 \pm 0,14$  ммоль/л, у помесных  $2,4 \pm 0,13$  ммоль/л. Количество общего холестерина в крови телок до 3-х месячного возраста постепенно увеличивалось. К третьему месяцу жизни уровень этого показателя практически стабилизировался как и по общим липидам. В 3-х месячном возрасте уровень общего холестерина у черно-пестрых телочек также увеличился до  $3,0 \pm 0,14$  ммоль/л, у симментальских до  $3,0 \pm 0,15$  ммоль/л, у абердин-ангусских до  $3,3 \pm 0,17$  ммоль/л, у помесных до  $3,4 \pm 0,20$  ммоль/л.

Небольшое увеличение количества общего холестерина в крови у телок было отмечено в 6-ти месячном возрасте и составило у черно-пестрых телочек  $3,1 \pm 0,18$  ммоль/л, у симментальских  $3,4 \pm 0,2$  ммоль/л, у абердин-ангусских  $3,5 \pm 0,21$  ммоль/л, у помесных  $3,5 \pm 0,17$  ммоль/л.

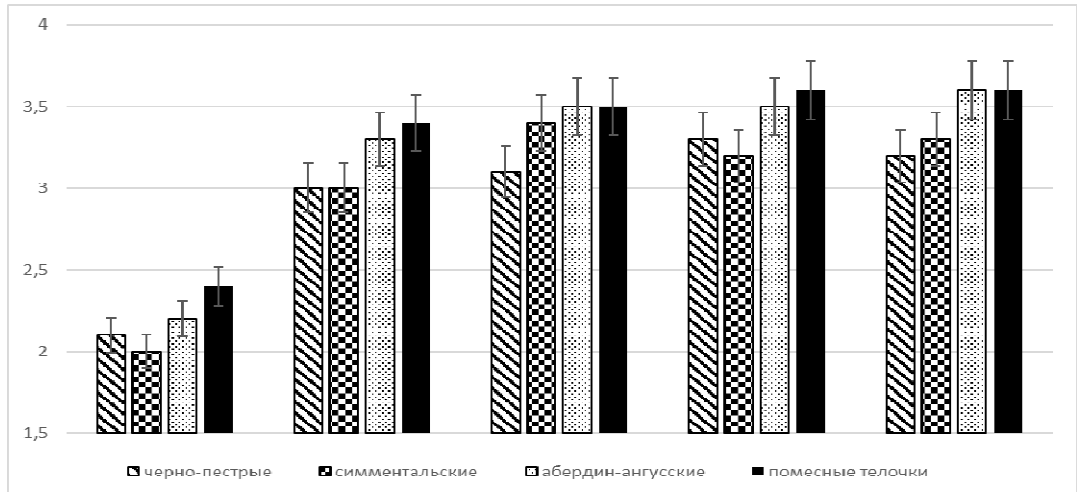


Рис. 3. Динамика общего холестерина в крови растущих телочек разных пород.

К 12-ти месячному возрасту концентрация общего холестерина в крови подопытных телочек практически не изменялась. В 15-ти месячном возрасте уровень общего холестерина составил: у черно-пестрой породы  $3,2 \pm 0,16$  ммоль/л, у симментальской  $3,3 \pm 0,14$  ммоль/л, у абердин-ангусской  $3,6 \pm 0,1$  ммоль/л, у помесных  $3,6 \pm 0,18$  ммоль/л. Существенных межпородных различий у подопытных животных не установлено, а имеющиеся различия были статистически не достоверными ( $P > 0,05$ ).

**Триглицериды.** Результаты исследования уровня триглицеридов в крови подопытных телочек приведены на рисунке 4.

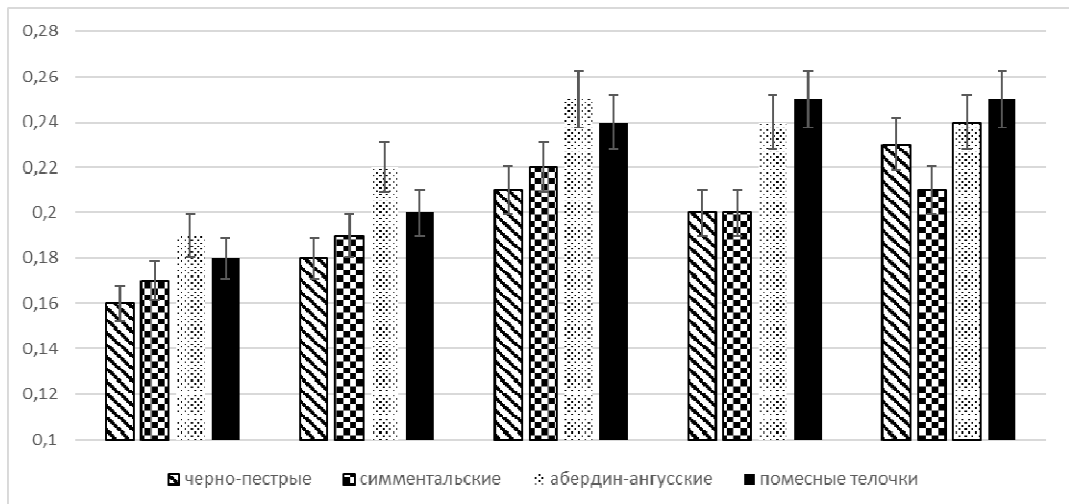


Рис. 4. Динамика триглицеридов в крови растущих телочек разных пород.



При рождении концентрация триглицеридов находилась в пределах референсных значений: у группы черно-пестрых телочек –  $0,16 \pm 0,007$  ммоль/л, у симментальских –  $0,17 \pm 0,008$  ммоль/л, у абердин-ангусских –  $0,19 \pm 0,009$  ммоль/л, у помесных –  $0,18 \pm 0,008$  ммоль/л.

К 3-му месяцу эти значения увеличились и составили –  $0,18 \pm 0,007$  ммоль/л,  $0,19 \pm 0,008$  ммоль/л,  $0,22 \pm 0,010$  ммоль/л,  $0,20 \pm 0,010$  ммоль/л соответственно по подопытным группам. Далее с увеличением возраста, концентрация триглицеридов постепенно продолжала увеличиваться.

К 15-ти месячному возрасту она составила у черно-пестрых телочек –  $0,23 \pm 0,009$  ммоль/л, у симментальских телочек –  $0,21 \pm 0,009$  ммоль/л, у абердин-ангусских –  $0,24 \pm 0,011$  ммоль/л, у помесных –  $0,25 \pm 0,010$  ммоль/л. Эти результаты свидетельствуют о том, что энергетическое обеспечение организма у подопытных животных было сбалансированным [15].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что с увеличением возраста телочек разных пород от рождения до 15 месячного возраста уровень липидов, общего холестерина и триглицеридов в их крови увеличивается.
2. Во все периоды роста незначительно выше живая масса, уровень общих липидов, общего холестерина и триглицеридов отмечены у помесных телок (симментальская х абердин-ангусская) по отношению к сравниваемым черно-пестрым, симментальским и абердин-ангусским ( $P > 0,05$ ).

### Список литературы

1. Сельцов В. И. Продуктивные качества и экстерьерные особенности дочерей быков симментальской породы отечественного и австрийского происхождения / Сельцов В. И., Сермягин А. А. // Зоотехния. – 2010. – №4. – С. 2–4.
2. Лебенгарц Я. З. Взаимосвязь генотипа и адаптационных функций организма сельскохозяйственных животных / Лебенгарц Я. З. // С.-х. биология. – 1987. – №2. – С. 97–103.
3. Еременко В. И. Динамика аминотрансфераз, общего белка и функции щитовидной железы у коров с разной молочной продуктивностью / Еременко В. И. Бунцева Е. Г. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №6. – С. 62–64.
4. Сорокин В. И. Функциональная активность надпочечников у мясных коров и ее взаимосвязь с генотипом. / Сорокин В. И., Дмитриев В. Б., Герасимова Г. Г. // В сб. Совершенствование методов селекции и воспроизводства мясного скота. – Оренбург, 1988. – С. 87–92.
5. Еременко В. И. Концентрация кортизола в крови лактирующих коров в зависимости от уровня их молочной продуктивности и генетической принадлежности. // Молодежная наука- развитию агропромышленного комплекса. / Еременко В. И., Скобелев В. С., Гатилова Ю. И. // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов молодых ученых. – Курск, 2021. – С. 356–359.
6. Еременко В. И. Динамика общих липидов и холестерина в крови у коров, принадлежащих к разным генетическим линиям быков. / Еременко В. И., Горожанкина Г. А. // Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Курск, 2020. – С. 79–83.

7. Кулаченко В. П. Породные и возрастные особенности обмена липидов у крупного рогатого скота. / Кулаченко В. П. // Проблемы с.х. производства на современном этапе и пути их дотиженияб тез. докл. I международной научно-практической конференции. – Белгород, 1997. – С. 164.
8. Бочков В. Н. Клиническая биохимия: учебное пособие / В. Н. Бочков, А. Б. Добровольский, Н. Е. Кушлинский, В. А. Логинов, Е. П. Панченко, Е. И. Ратнер, М. Г. Творогова, В. Н. Титов, В. А. Ткачук; под общ. ред. В.А. Ткачука. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2004. – 506 с.
9. Kannel W. B. Serum cholesterol, lipoproteins and risk of coronary heart disease. The Framingham Study / W. B. Kannel, W. P. Castelli, T. Gordon, P. M. McNamara // Ann. Intern. Med. – 1971. – Vol. 74, No 1. – P. 1–12.
10. Gumí-Audenis B. Structure and nanomechanics of model membranes by atomic force microscopy and spectroscopy: insights into the role of cholesterol and sphingolipids / B. Gumí-Audenis, L. Costa, F. Carlá, F. Comin, F. Sanz, M. I. Giannotti // Membranes (Basel). – 2016. – Vol. 6, No 4. – Article Number: 58.
11. Molnár E. Cholesterol and sphingomyelin drive ligand-independent T-cell antigen receptor nanoclustering / E. Molnár, M. Swamy, M. Holzer, K. BeckGarcía, R. Worch, C. Thiele, G. Guigas, K. Boye, I. F. Luescher, P. Schwille, R. Schubert, W. W. Schamel // J. Biol. Chem. – 2012. – Vol. 287, No 51. – P. 42664–42674.
12. Lim S. Y. Nutritional factors affecting mental health / S. Y. Lim, E. J. Kim, A. Kim, H. J. Lee, H. J. Choi, S. J. Yang // Clin. Nutr. Res. – 2016. – Vol. 5, No 3. – P. 143–152.
13. Кармолиев Р. Х. Современные биохимические методы исслеования в ветеринарии и зоотехнии / Кармолиев Р. Х. – «Колос», Москва, 1971. – 288 с.
14. Курилов Н. В. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. / Курилов Н. В., Кроткова А. П. // М. Колос, 1971. – 432 с.
15. Душкин Е. В. Физиолого-биохимическое обоснование лабильности липидно-углеводного метаболизма и его коррекции у крупного рогатого скота : автореф.дис...д.б.н. / Е. В. Душкин – Орел, 2009. – 37 с.

## **LIPID PARAMETERS OF BLOOD IN GROWING HEIFERS OF DIFFERENT BREEDS**

*Eremenko V. I.<sup>1</sup>, Rotmistrovskaya E. G.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia*

<sup>2</sup>*Kursk State Medical University, Kursk, Russia*

*E-mail: vic.eriomenko@yandex.ru*

The paper presents the results of a study of total lipids, total cholesterol and triglycerides in the blood of growing heifers of different breeds from birth to 15 months of age. Holstein black-and-white, Simmental, Aberdeen-Angus and crossbred heifers (Simmental x Aberdeen-Angus) were selected for the study. In each group there were 10 heads of analogues. The study of lipid dynamics in experimental heifers showed that a more intense increase in the level of lipids in the blood occurs before the age of three months, when the heifers received colostrum and whole milk. From the age of 3 months, the level of total lipids in the blood stabilized and remained unchanged until the age of 15 months. The concentration of total lipids in 15-month-old heifers was  $4.7 \pm 0.3$  g/l in the black-and-white breed,  $4.6 \pm 0.3$  g/l in the Simmental breed,  $4.8 \pm 0.4$  g/l in the Aberdeen-Angus breed,  $4.8 \pm 0.3$  g/l in the crossbreeds. The study of the dynamics of total cholesterol in experimental heifers showed that the amount of cholesterol in the blood of heifers

gradually increases with age. Relatively higher total cholesterol levels were observed in the group of Aberdeen-Angus and crossbred heifers. At 15 months of age, the concentration of total cholesterol in the Holstein black-and-white breed was  $3.2 \pm 0.16$  mmol/l, in the Simmental breed up to  $3.3 \pm 0.14$  mmol/l, in the Aberdeen Angus  $3.6 \pm 0.15$  mmol/l, in crossbred heifers up to  $3.6 \pm 0.15$  mmol/l. Triglycerides gradually increased with increasing age of heifers. At 15 months of age, the level of triglycerides in the Holstein black-and-white breed was  $0.23 \pm 0.009$  mmol/l, in the Simmental breed up to  $0.21 \pm 0.009$  mmol/l, in the Aberdeen Angus  $0.24 \pm 0.011$  mmol/l, in crossbred heifers up to  $0.25 \pm 0.010$  mmol/l. The existing interbreed differences in the level of total lipids, total cholesterol and triglycerides were not statistically significant ( $P > 0.05$ ). In all age periods there were differences in the live weight of heifers of the studied breeds, a tendency to superiority in live weight in crossbred heifers (Simmental x Aberdeen-Angus) was revealed. So, at the age of 15 months, the live weight of the Holstein black-and-white breed was  $434.0 \pm 5.3$  kg, in the Simmental  $449.7 \pm 6.3$  kg, in the Aberdeen Angus  $441.1 \pm 3.5$  kg, in crossbreeds  $468.9 \pm 4.2$  kg.

**Keywords:** heifers, Holstein black-and-white, Simmental, Aberdeen-Angus, crossbred animals (Simmental x Aberdeen-Angus), live weight, total lipids, total cholesterol, triglycerides.

### References

1. Seltsov V. I. Sermiyagin A. A. Productive qualities and exterior features of daughters of bulls of the Simmental breed of domestic and Austrian origin, *Zootechny*, **4**, 2 (2010).
2. Lebegarts Ya. Z. The relationship of the genotype and adaptive functions of the organism of farm animals, *Agricultural biology*, **2**, 97 (1987).
3. Eremenko V. I., Buntseva E. G. Dynamics of aminotransferases, total protein and thyroid gland function in cows with different milk productivity, **6**, 62 (Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2012).
4. Sorokin V. I., Dmitriev V. B., Gerasimova G. G. Functional activity of the adrenal glands in beef cows and its relationship with the genotype, *In the collection Improvement of methods of breeding and reproduction of beef cattle*, 87 (Orenburg, 1988).
5. Eremenko V. I., Skobelev V. S., Gatilova Yu. I. The concentration of cortisol in the blood of lactating cows depending on the level of their milk productivity and genetic affiliation, Youth science-development of the agro-industrial complex. *Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists*, 356 (Kursk, 2021).
6. Eremenko V. I., Gorozhankina G. A. Dynamics of total lipids and cholesterol in the blood of cows belonging to different genetic lines of bulls, *Innovations in scientific and technical support of the agro-industrial complex. Materials of the All-Russian Scientific and practical Conference*, 79 (Kursk, 2020).
7. Kulachenko V. P. Breed and age features of lipid metabolism in cattle, *Problems of agricultural production at the present stage and ways of their improvement 6 tez. dokl. I International Scientific and Practical Conference*, 164. (Belgorod, 1997).
8. Bochkov V. N., Dobrovolsky A. B., Kushlinsky N. E., Loginov V. A., Panchenko E. P., Ratner E. I., Tvorogova M. G., Titov V. N., Tkachuk V. A.; under the general editorship of V. A. Tkachuk. *Clinical biochemistry: textbook*, 2nd ed., ispr. and add., 506 (M.: GEOTAR-Media, 2004).
9. Kannel W. B., Castelli W. P., Gordon T., McNamara P. M. Serum cholesterol, lipoproteins and risk of coronary heart disease. The Framingham Study, *Ann. Intern. Med.*, **74**, **1**, 1 (1971).
10. Gumí-Audenis B., Costa L., Carlá F., Comin F., Sanz F., Giannotti M. I. Structure and nanomechanics of model membranes by atomic force microscopy and spectroscopy: insights into the role of cholesterol and sphingolipids, *Membranes (Basel)*, **6**, **4**, Article Number: 58 (2016).

11. Molnár E., Swamy M., Holzer M., BeckGarcía K., Worch R., Thiele C., Guigas G., Boye K., Luescher I. F., Schwille P., Schubert R., Schamel W. W. Cholesterol and sphingomyelin drive ligand-independent T-cell antigen receptor nanoclustering, *J. Biol. Chem.*, **287**, **51**, 42664 (2012).
12. Lim, S. Y., Kim E. J., Kim A., Lee H. J., Choi H. J., Yang S. J. Nutritional factors affecting mental health, *Clin. Nutr. Res.*, **5**, **3**, 143 (2016).
13. Karmoliev R. H. *Modern biochemical methods of research in veterinary medicine and animal science*, 288 ("Kolos". – Moscow, 1971).
14. Kurilov N. V., Krotkova A. P. Physiology and biochemistry of ruminant digestion, 432 (M. Kolos, 1971).
15. Dushkin E. V. Physiological and biochemical substantiation of the lability of lipid-carbohydrate metabolism and its correction in cattle, autoref.dis...D.B.N, 37 (Orel, 2009).

**УДК 619:615.357:636.22/.28**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-85-92**

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РАЗНЫХ ПОРОД В ОНТОГЕНЕЗЕ**

*Еременко В. И.<sup>1</sup>, Ротмистровская Е. Г.<sup>2</sup>, Суворова В. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, Курск, Россия*

<sup>2</sup>*Курский государственный медицинский университет, Курск, Россия*

*E-mail: vic.eriomenko@yandex.ru*

В статье приводятся данные о результатах функциональных нагрузок адренокортикотропным гормоном на кору надпочечников телочек разных пород (черно-пестрые, симментальские, абердин-ангусские, помесные (абердин-ангусская х симментальская) в возрасте 6 месяцев, а также перед осеменением и на 6 месяце их стельности. Во все периоды исследования индекс активности коры надпочечников был выше у помесных животных (абердин-ангусская х симментальская). Это свидетельствует о более высоких функциональных резервах коры надпочечников у помесных животных (абердин-ангусская х симментальская) по отношению к голштинизированной черно-пестрой, симментальской и абердин-ангусской породам.

**Ключевые слова:** телочки, нетели, кортизол, адренокортикотропный гормон, голштинизированная черно-пестрая порода, симментальская порода, абердин-ангусская порода, помесные животные (абердин-ангусская х симментальская).

### **ВВЕДЕНИЕ**

Важнейшей задачей в селекционной работе является увеличение мясной и молочной продукции. В молочных и мясных стадах крупного рогатого скота используются разные породы. Поэтому для эффективной селекционной работы необходимо искать наиболее оптимальные породы для использования их в промышленной технологии. При современном уровне развития физиологии в познании высокой продуктивности животных достигнуты определенные успехи, а также раскрыты механизмы взаимосвязей различных интерьерных показателей с хозяйственно-полезными признаками животных.

Эндокринная система является центральным звеном в управлении и поддержании различных процессов жизнедеятельности на уровне единого целого организма. Эндокринные железы выделяют разные гормоны непосредственно в систему крови, и таким образом в комплексе оказывают влияние на процессы регуляции обмена в организме животных.

Под мощным регулирующим влиянием гормонов находятся все физиолого-биохимические процессы организма. К гормонам, ответственным за регуляцию реакций организма на стресс, относятся кортизол и адренокортикотропный гормон. Взаимодействие этих гормонов способствует осуществлению антистрессовой

реакции, а в период беременности организма, особенно важно. От силы этой реакции зависят все процессы восстановления в организме [1].

Кортизол – это глюкокортикоидный гормон стероидной природы, который синтезируется в надпочечниках. АКТГ, в свою очередь усиливает работу надпочечников, высвобождая кортизол. Кортизол по принципу отрицательной обратной связи подавляет секрецию АКТГ [2].

Известно, что гормоны стресса, а именно кортизол, играет ведущую роль в повышенной активации энергетического обмена в организме животного. Ведь именно он участвует в разных механизмах адаптации организма к изменяющимся условиям существования [3].

Животные разных пород несут отличительные черты надпочечников не только по форме, размерам, а также по их функциональной активности [4–6], что отражается на их продуктивных качествах [7–12].

В научной литературе имеются немногочисленные исследования о функциональных резервах коры надпочечников, однако, практически не изучены в период стельности, особенно в сравнительном аспекте у разных пород животных в разные периоды онтогенеза. В связи с этим, проведенные исследования по выявлению функциональных резервов коры надпочечников у крупного рогатого скота у разных пород являются актуальными.

Целью данной работы было определение функциональных резервов коры надпочечников у телок в 6 месячном возрасте, а также перед их осеменением и в период их стельности на 6 месяце у разных пород: голштинизированная чернопестрая, симментальская, абердин-ангусская и помесные животные (симментальская х абердин-ангусская).

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Объектом исследований были телочки и нетели голштинизированной чернопестрой породы, симментальской, абердин-ангусской и помесные нетели (симментальская х абердин-ангусская). Условия содержания и кормления животных были одинаковыми и соответствовали зоотехническим нормам.

Для определения функциональных резервов коры надпочечников, подопытным телкам в 6–ти месячном возрасте и перед их осеменением, а также на 6-м месяце стельности им вводили АКТГ в дозе 0,5 ед/кг живой массы внутримышечно. Забор крови проводили до введения АКТГ и через 1 и 2 часа после. Концентрацию кортизола в крови определяли иммуноферментным методом.

Индекс функциональной активности коры надпочечников определяли по формуле:

$$I_{\text{акн}} = K_2/K_1 [4]$$

где  $I_{\text{акн}}$  – индекс активности коры надпочечников;

$K_1$  – концентрация кортизола через 1 час после первой нагрузки АКТГ;

$K_2$  – концентрация кортизола через 1 час после второй нагрузки АКТГ.

Результаты исследований были подвержены биометрической обработке с использованием критерия Стьюдента в компьютерной программе Microsoft Office Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У подопытных животных черно-пестрой, симментальской, абердин-ангусской и помесных нетелей функциональное состояние коры надпочечников анализировали по базальному уровню кортизола, и также по динамике его концентрации в крови после введения АКТГ (адренокортикотропного гормона).

Так проведенные исследования показывают, что до введения АКТГ концентрация кортизола в сыворотке крови подопытных 6-ти месячных телочек разных пород была примерно на одинаковом уровне и находилась в границах 42,9–48,7 нмоль/л (рис. 1).

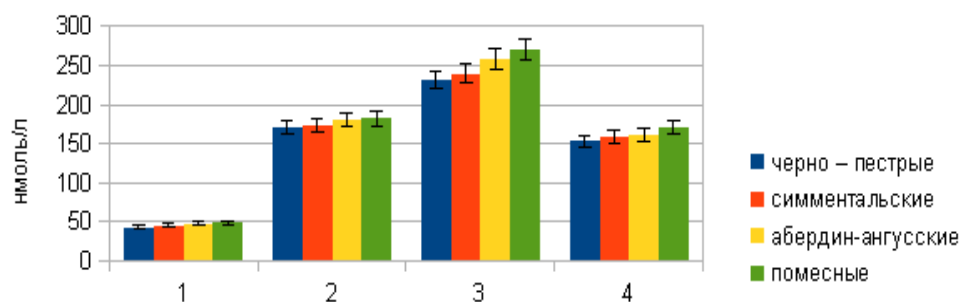


Рис. 1. Динамика кортизола в крови 6-месячных телочек разных пород после введения АКТГ.

- 1 – базальный уровень кортизола
- 2 – концентрация кортизола через 1 час после первой нагрузки АКТГ
- 3 – концентрация кортизола через 1 час после второй нагрузки АКТГ
- 4 – концентрация кортизола через 2 часа после второй нагрузки АКТГ

После внутримышечного введения АКТГ через один час концентрация гормона кортизола в сыворотке крови резко увеличилась почти в три раза в независимости от породной принадлежности телочек. Так, у черно-пестрых телочек через 1 час после первого введения АКТГ концентрация кортизола увеличилась в 5,1 раза и составила  $170,3 \pm 4,1$  нмоль/л., у симменталов увеличение произошло в 5,3 раза и составило  $174,2 \pm 8,3$  нмоль/л., у абердин-ангуссов в 5,6 раза и составила  $180,8 \pm 5,4$  нмоль/л., у помесных телочек увеличение произошло в 5,7 раза и составило  $182,3 \pm 6,6$  нмоль/л. По отношению к базальному уровню эти различия у всех подопытных телочек были статистически достоверными ( $P < 0,05$ ). Между подопытными группами существенных различий в этот период времени не установлено. Через 1 час после второй нагрузки АКТГ концентрация кортизола продолжила увеличиваться у всех подопытных телочек, но с разной величиной. У черно-пестрых телочек концентрация гормона составила  $232,3 \pm 9,0$  нмоль/л., у симменталов  $240,9 \pm 8,0$  нмоль/л., у абердин-ангуссов  $258,1 \pm 9,3$  нмоль/л., ( $P < 0,05$  к черно-пестрым голштинам и симменталам) у помесных телочек  $271,9 \pm 7,3$  нмоль/л. ( $P < 0,05$  к черно-пестрым голштинам и симменталам). Через 2 часа после второй нагрузки АКТГ концентрация гормона во всех подопытных

группах резко уменьшилась, у черно-пестрых телочек до  $153,5 \pm 2,2$  нмоль/л., у симменталов  $159,0 \pm 6,7$  нмоль/л., у абердин-ангуссов  $162,9 \pm 4,0$  нмоль/л., у помесных телочек  $170,3 \pm 7,1$  нмоль/л. ( $P < 0,05$  к данным через 1 час после второй нагрузки АКТГ у всех групп животных).

Индекс активности коры надпочечников был выше у помесей и составил 1,49, у черно-пестрой породы – 1,36, у симментальской – 1,38, у абердин-ангусской – 1,43.

Таким образом, наиболее высокие функциональные резервы коры надпочечников имели телочки, которые принадлежат к мясному типу продуктивности (абердин-ангуссы).

Этим же подопытным животным перед их осеменением были проведены аналогичные функциональные нагрузки на кору надпочечников (рис. 2).

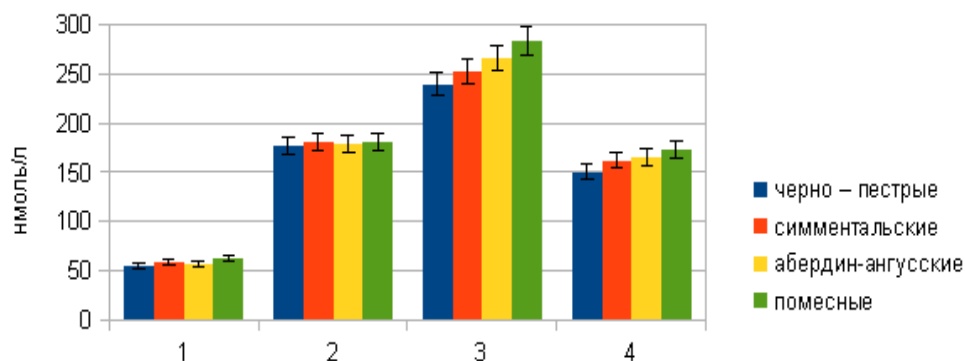


Рис. 2. Динамика кортизола в крови телок перед их осеменением после введения АКТГ.

1 – базальный уровень кортизола

2 – концентрация кортизола через 1 час после первой нагрузки АКТГ

3 – концентрация кортизола через 1 час после второй нагрузки АКТГ

4 – концентрация кортизола через 2 часа после второй нагрузки АКТГ

Перед введением АКТГ уровень кортизола у черно-пестрых нетелей был  $54,8 \pm 3,3$  нмоль/л, у симментальских –  $58,7 \pm 3,7$  нмоль/л, у абердин-ангусских нетелей –  $57,3 \pm 3,6$  нмоль/л, у помесных животных  $63,2 \pm 3,2$  нмоль/л.

Через 1 час после введения АКТГ уровень кортизола увеличился во всех подопытных группах животных примерно в 3,0–3,5 раза. Так, у черно-пестрых его уровень увеличился до  $176,4 \pm 4,7$  нмоль/л, у симментальских до  $180,3 \pm 4,5$  нмоль/л, у абердин-ангусских до  $179,0 \pm 8,5$  нмоль/л, у помесных нетелей до  $180,6 \pm 7,1$  нмоль/л. По отношению к базальному уровню эти различия у всех подопытных телочек были статистически достоверными ( $P < 0,05$ ). Между подопытными группами существенных различий в этот период времени не установлено.

Через 1 час после второй нагрузки АКТГ концентрация гормона возросла еще в среднем на 30%. У черно-пестрых до  $240,1 \pm 8,5$  нмоль/л, у симментальских до  $253,4 \pm 7,3$  нмоль/л, у абердин-ангусских до  $266,3 \pm 8,8$  нмоль/л, ( $P < 0,05$  к черно-



пестрым голштинам и симменталам) у помесных животных до  $284,4 \pm 7,8$  нмоль/л. ( $P < 0,05$  к черно-пестрым голштинам и симменталам).

В дальнейшем через 2 часа после второй нагрузки уровень гормона постепенно снижался: у черно-пестрых снизился до  $150,4 \pm 2,7$  нмоль/л, у симментальских до  $162 \pm 5,7$  нмоль/л, у абердин-ангусских до  $165,0 \pm 5,0$  нмоль/л, у помесных до  $174,0 \pm 7,7$  нмоль/л. ( $P < 0,05$  к данным через 1 час после второй нагрузки АКТГ у всех групп животных).

Индекс активности коры надпочечников был также, как и в 6-ти месячном возрасте, выше у помесей и составил 1,57, а в сравниваемых группах он был ниже: у черно-пестрой породы – 1,36, у симментальской – 1,40, у абердин-ангусской – 1,48.

Проведенные функциональные нагрузки на 6 месяце стельности у этих же животных свидетельствуют о том, что базальный уровень кортизола перед введением АКТГ на 6 месяце стельности у подопытных нетелей различался (рис. 3).

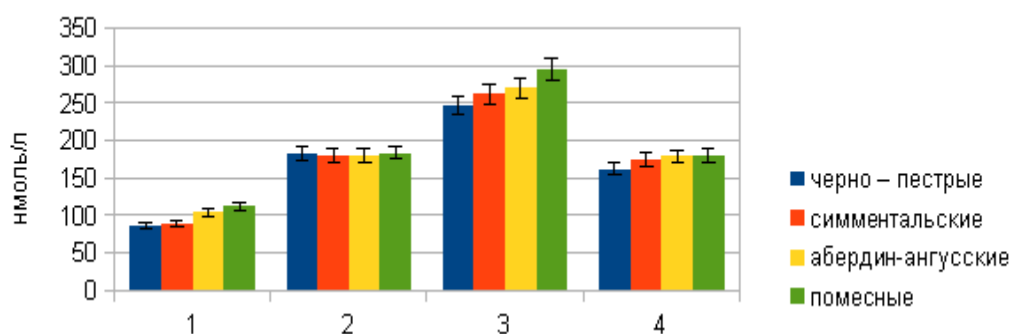


Рис. 3. Динамика кортизола в крови нетелей на 6 месяце стельности после введения АКТГ.

1 – базальный уровень кортизола

2 – концентрация кортизола через 1 час после первой нагрузки АКТГ

3 – концентрация кортизола через 1 час после второй нагрузки АКТГ

4 – концентрация кортизола через 2 часа после второй нагрузки АКТГ

У нетелей черно-пестрой породы –  $86,6 \pm 6,2$  нмоль/л, у симментальских –  $88,5 \pm 5,1$  нмоль/л, у абердин-ангусских  $105,0 \pm 5,0$  нмоль/л, у помесных  $112,3 \pm 7,7$  нмоль/л. ( $P < 0,05$  к черно-пестрым голштинам и симменталам).

Через один час после введения АКТГ уровень кортизола в сыворотке крови животных всех трех пород и у помесей резко повысился: у нетелей голштизированной черно-пестрой породы – до  $182,2 \pm 8,7$  нмоль/л, симментальской – до  $180,7 \pm 9,4$  нмоль/л, абердин-ангусской – до  $180,6 \pm 8,3$  нмоль/л, у помесных нетелей – до  $184,3 \pm 9,1$  нмоль/л.

Через 1 ч после 2-й функциональной нагрузки АКТГ концентрация кортизола в сыворотке крови подопытных животных возросла по сравнению с таковой после 1-й нагрузки: у телок черно-пестрой породы до  $246,4 \pm 9,2$  нмоль/л; симментальской породы до  $262,0 \pm 8,4$  нмоль/л; абердин-ангусской породы до  $270,5 \pm 8,8$  нмоль/л, у

помесных животных до  $295,4 \pm 9,2$  нмоль/л ( $P < 0,05$  к черно-пестрым голштинам и симменталам).

В дальнейшем, после второй инъекции концентрация кортизола в крови животных всех пород снизилась, однако не достигла первоначального базального уровня. Следует отметить, что через один час после первой функциональной нагрузки АКТГ существенных межпородных различий по концентрации изучаемого гормона, кортизола в крови не было выявлено. Более выраженные межпородные различия были установлены через один час после второй нагрузки. За этот период концентрация кортизола в крови помесных нетелей превышала таковую у животных сравниваемых пород.

Через два часа после второй нагрузки АКТГ концентрация кортизола снизилась по всем подопытным группам. У черно-пестрых до  $162,5 \pm 7,7$  нмоль/л, у симментальских  $174,4 \pm 8,6$  нмоль/л, у абердин-ангусских до  $179,0 \pm 8,1$  нмоль/л, у помесной группы до  $181,0 \pm 9,2$  нмоль/л ( $P < 0,05$  к данным через 1 час после второй нагрузки АКТГ у всех групп животных).

Индекс активности коры надпочечников как и ранее был также выше у помесей, как и в 6-ти месячном возрасте, и составил 1,60, у черно-пестрой породы – 1,35, у симментальской – 1,45, у абердин-ангусской – 1,50.

Индекс активности коры надпочечников у голштинизированных черно-пестрых нетелей на 6 месяце стельности составлял 1,35, у симменталов 1,45, у абердин-ангуссов 1,5, у помесей 1,6. Таким образом, проведенные функциональные нагрузки на одних и тех же животных на кору надпочечников в разные возрастные периоды с помощью АКТГ свидетельствует о том, что их функциональные резервы отличаются и зависят от породной принадлежности животных, о чем свидетельствуют индексы активности коры надпочечников.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведенные исследования показали, что функциональные резервы коры надпочечников у крупного рогатого скота в онтогенезе имеют межпородные различия. У помесных нетелей (симментальская х абердин-ангусская) в 6-ти месячном возрасте и перед их осеменением, а также на 6 месяце их стельности функциональные резервы коры надпочечников относительно выше, чем у голштинизированной черно-пестрой, симментальской и абердин-ангусской пород. Это свидетельствует о том, что чем выше функциональные резервы коры надпочечников, тем выше у этих животных (симментальская х абердин-ангусская) адаптационные возможности и соответственно стрессоустойчивость.

### **Список литературы**

1. Козловский В. Ю. Стрессоустойчивость голштинизированных чернопестрых коров / В. Ю. Козловский // Физиологические механизмы адаптации животных в меняющихся условиях существования, Сборник статей 1 сибирской научной конференции – НГАУ, 2009. – С. 96–98.
2. Курепина М. М. Анатомия человека: учебник / М. М. Курепина, А. П. Ожигова, А. А. Никитина – Москва: Владос, 2010. – 384 с.

3. Еременко В. И. Функциональные резервы коры надпочечников у коров с разной продуктивностью / В. И. Еременко, Е. В. Морозова // Зоотехния. – 2010. – №6. – С. 18–19.
4. Попова Е. Л. Индексы активности коры надпочечников у разнопродуктивных коров / Е. Л. Попова, В. И. Еременко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1. – С. 53–54.
5. Радченков В. П. Гормональный профиль и молочная продуктивность первотелок / В. П. Радченков, Е. В. Бутров, В. Н. Панасенко и др. // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 2. – С. 75–80.
6. Стасенкова Ю. В. Функциональное состояние коры надпочечников у коров разных линий / В. И. Еременко, Ю. В. Стасенкова, Н. В. Лебедева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 11 (211) 31. – С. 88–92.
7. Стасенкова Ю. В. Обмен веществ, резистентность и резервы эндокринной системы у крупного рогатого скота разных линий быков : Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. / Ю. В. Стасенкова – Курск, 2018. – 19 с.
8. Adam E. K. Diurnal cortisol slopes and mental and physical health outcomes: A systematic review and meta-analysis / Emma K Adam, Meghan E Quinn, Royette Tavernier, Mollie T McQuillan, Katie A Dahlke, Kirsten E Gilbert // Psychoneuroendocrinology. – 2017 – 83 – 25–41. doi:10.1016/j.psyneuen.2017.05.018. Epub 2017 May 24.
9. Bijan Pirnia. The cortisol level and its relationship with depression, stress and anxiety indices in chronic methamphetamine-dependent patients and normal individuals undergoing inguinal hernia surgery / Bijan Pirnia, Fatemeh Givi, Rasool Roshia, Kambiz Pirnia, Ali Akbar Soleimani // The Medical Journal of The Islamic Republic of Iran. – 2016
10. Boolani A. Trends in Analysis of Cortisol and Its Derivatives. / Boolani A., Channaveerappa D., Dupree E. J., Jayathirtha M., Aslebagh R., Grobe S., Wilkinson T., Darie C. C. // Adv Exp Med Biol. – 2019. – 1140 – P. 649–664. doi: 10.1007/978-3-030-15950-4\_39.
11. Iob E. Cardiovascular Disease and Hair Cortisol: a Novel Biomarker of Chronic Stress. / Iob E., Steptoe A. // Curr Cardiol Rep. – 2019 – Aug 30 – 21(10) – 116. doi: 10.1007/s11886-019-1208-7.
12. Kaushansky K. Williams hematology: manual / K. Kaushansky [et al]. – California : Copyright, 2010. – 605 p.
13. Khan Q. U. Relationship of Salivary Cortisol Level With Severe Depression and Family History. / Khan Q. U. // Cureus. – 2020. – Nov 18 – 12(11) – e11548. doi: 10.7759/cureus.11548.
14. Xu Y. Y. Nesfatin-1 and cortisol: potential novel diagnostic biomarkers in moderate and severe depressive disorder. / Y. Y. Xu, J. F. Ge, J. Liang [et al]. // Psychol Res Behav Manag. – 2018. – 11. – P. 495–502. doi: 10.2147/PRBM.S183126

## FUNCTIONAL RESERVES OF THE ADRENAL CORTEX IN CATTLE OF DIFFERENT BREEDS IN ONTOGENESIS

*Eremenko V. I.<sup>1</sup>, Rotmistrovskaya E. G.<sup>2</sup>, Suvorova N. V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia*

<sup>2</sup>*Kursk State Medical University, Kursk, Russia*

*E-mail: rotmistrovskaya.lena@mail.ru*

The purpose of this work was to determine the functional reserves of the adrenal cortex in 6-month-old heifers before their insemination and during pregnancy at 6 months of different breeds: Holstein black-and-white, Simmental, Aberdeen-Angus and crossbreeds (Simmental x Aberdeen-Angus). after loading the adrenal cortex with adrenocorticotrophic hormone

The article examines the data of functional loads of adrenocorticotrophic hormone on the adrenal cortex of heifers of different breeds at the age of 6 months, before

insemination and at the 6th month of pregnancy. For this study, black-and-white, Simmental, Aberdeen-Angus, crossbred (Aberin-Angus x Simmental) heifers were selected. Each experimental group consisted of 10 heads of each breed. The performed loads on the adrenal cortex of experimental heifers of different breeds at the age of six months indicated that the functional activity of the adrenal cortex in crossbred heifers is higher than that of the compared breeds. Crossbred heifers have higher functional reserves of the adrenal cortex. After carrying out functional loads on the same experimental animals, but before insemination, the activity index of the adrenal cortex was also higher in crossbreeds, compared with Holstein black-and-white and Simmental breeds. By the 8th month of pregnancy, the tendency to higher indices of activity of the adrenal cortex in crossbred heifers remained.

**Keywords:** heifers, cortisol, adrenocorticotrophic hormone, Holsteinized black mongrel breed, Simmental breed, Aberdeen Angus breed, mixed animals (Aberdeen Angus x Simmental).

### References

1. Kozlovsky V. Yu. Stress resistance of holstein black-finned cows, Physiological mechanisms of adaptation of animals in changing conditions of existence, *Collection of articles of the 1st Siberian Scientific Conference*, 96. (NGAU, 2009).
2. Kurepina M. M., Ozhigova A. P., Nikitina A. A. *Human anatomy: textbook*, 384 (Moscow: Vlados, 2010).
3. Eremenko V. I., Morozova E. V. Functional reserves of the adrenal cortex in cows with different productivity, *Zootechnia*, **6**, 18 (2010).
4. Popova E. L., Eremenko V. I. Indices of activity of the adrenal cortex in multi-productive cows, *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, **1**, 53 (2014).
5. Radchenkov V. P., Butrov E. V., Panasenko V. N. et al. Hormonal profile and milk productivity of first heifers, *Agricultural Biology*, **2**, 75 (1987).
6. Eremenko V. I., Stasenkova Yu. V., Lebedeva N. V. The functional state of the adrenal cortex in cows of different lines, *Bulletin of the Orenburg State University*, **11 (211) 31**, 88 (2017).
7. Stasenkova Yu. In. Metabolism, resistance and reserves of the endocrine system in cattle of different lines of bulls, *Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological Sciences*, 19 (2018).
8. Emma K. Adam, Megan E. Quinn, Royette Tavernier, Molly T. McQuillan, Kathy A. Dahlke, Kirsten E. Gilbert, Daily cortisol levels and mental and physical health outcomes: a systematic review and meta-analysis, *Psychoneuroendocrinology*, **25** (2017) doi:10.1016/j.psyneuen.2017.05.018. Epub 2017, May 24.
9. Bijan Pirnia, Fatemeh Givi, Rasul Rocha, Kambiz Pirnia, Ali Akbar Suleimani, The level of cortisol and its relationship with indicators of depression, stress and anxiety in patients with chronic methamphetamine addiction and normal people who underwent surgery to remove an inguinal hernia, *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, (2016).
10. Bulani A., Channavirappa D., Dupri E. J., Jayatirta M., Aslebag R., Grobe S., Wilkinson T., Dari S. K. Trends in the analysis of cortisol and its derivatives, *Adv Exp Med Biol.*, **1140**, 649 (2019), doi: 10.1007/978-3-030-15950-4\_39.
11. Iob E., Steptoe A. Cardiovascular diseases and cortisol levels in the hair: a new biomarker of chronic stress, *Representative of Curr Cardiol.*, **21(10)**, 116 (2019). doi: 10.1007/s11886-019-1208-7 .
12. Kaushansky K. [et al.]. *Williams hematology: textbook*, 605 (California: Copyright, 2010).
13. Han Q. U. The relationship of cortisol levels in saliva with severe depression and family history, *Healing*, **12(11)**, e11548 (2020) doi: 10.7759/cureus.11548.
14. Xu Y. Y., Ge J. F., Liang J. [et al.]. Nesfatin-1 and cortisol: potential novel diagnostic biomarkers in moderate and severe depressive disorder. *Psychol Res Behav Manag.*, **11**, 495, (2018). doi: 10.2147/PRBM.S183126

**УДК 615.322**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-93-101**

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ *WITHANIA SOMNIFERA***

**Запорожченко А. А.<sup>1</sup>, Суботьялов М. А.<sup>1,2</sup>**

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

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

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

В обзоре представлен анализ публикаций, посвященных выявлению биологической активности, компонентного состава, фармакологических свойств и терапевтического потенциала различных компонентов растения *Withania somnifera*. При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed, Scopus. Проведенный анализ показал, что в составе *Withania somnifera* присутствует широкий спектр биологически активных веществ: алкалоиды, стероидные соединения (витанолиды), сапонины, аминокислоты и другие. В исследованиях были продемонстрированы противовоспалительный, антиоксидантный, антибиотический, противоопухолевый, антидепрессантный, антидиабетический, адаптогенный, гепатопротекторный эффекты. Обзор показал, что *Withania somnifera* обладает терапевтическим потенциалом и может быть перспективным видом сырья для разработки средств, эффективных при различных заболеваниях.

**Ключевые слова:** *Withania somnifera*, фармакогнозия, биологическая активность, растительные ресурсы, компонентный состав, фармакологические свойства, витанолиды, терапевтический потенциал.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Частота применения растительных ресурсов в качестве терапевтических средств при различных отклонениях в состоянии здоровья повышается с каждым годом.

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

В результате изучения и систематизации данных отечественных и зарубежных источников литературы по состоянию развития рынка растительных препаратов, выявлена тенденция роста потребности населения в лекарственном растительном сырье в среднем ежегодно на 17,8 %.

Частота применения лекарств растительного происхождения в России по группам заболеваний (в убывающей последовательности) следующая: заболевания дыхательных путей, ЦНС, ЖКТ, печени, желчного пузыря, сердечно-сосудистые заболевания, неспецифическое повышение иммунитета, гинекологические заболевания, ревматические заболевания (средства для внутреннего применения) [1].

Одним из перспективных растительных ресурсов, с богатым набором биологически активных веществ, обладающих высоким терапевтическим потенциалом, является *Withania somnifera*.

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

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

*Withania somnifera* L. (синонимы: ашваганда, суранджан, зимняя вишня, индийский женьшень) – лекарственное растение семейства *Solanaceae*, в изобилии встречающееся в субтропических регионах мира: Африке, Средиземноморье, Шри-Ланке, Пакистане и Индии. В традиционной аюрведической медицине корни и листья данного растения считаются незаменимыми из-за высокого терапевтического и нутрицевтического потенциала для лечения различных заболеваний [2]. Клинические и доклинические испытания показали потенциал растения в лечении гепатотоксичности, неврологических расстройств, тревожности, болезни Паркинсона, иммунологических заболеваний и гиперлипидемии. Плоды содержат значительное количество сапонинов, а листья обладают свойствами, отпугивающими насекомых.

## 1. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ WITHANIA SOMNIFERA

Фитохимический анализ *Withania somnifera* выявил наличие фармакологически активных стероидных лактонов, названных витанолидами [3]. Витанин, группа алкалоидов, выделенных из корней растения, составляет 38 % от общего веса алкалоидов. Основными витанолидами, выделенными из *Withania somnifera* в Индии, были витанолид D и витаферин А, которые проявляли противоопухолевые и цитотоксические свойства [4–6]. В дополнение к алкалоидам растение также содержит стероиды, сапонины, фенольные соединения, флавоноиды, фитофенолы и гликозиды:

- Алкалоиды – ашвагандин, анагигрин, анаферин, кускогигрин, тропин, изопеллеттиерин, псевдотропин, 3-тиглоилокстропин, 3-тропилтиглоат, длизопеллеттиерин, гигрин, мезоанаферин, холин, сомниферин, витанин, витананин, хентриаконтан, визамин, витасомнин и др.

- Стероидные соединения – эргостановые стероидные лактоны: витаферин А, витанолиды А-У, витасомниферин-А, витасомидиенон, витасомниферолы А-С, витанон и др.

- Сапонины – ситоиндозид VII и VIII.

- Витанолиды – ситоиндозид IX и X.

- Витанолидные гликозиды – витанозиды I, II, III, IV, V, VI и VII.

- Аминокислоты, витаниол, ацилстерилгликозиды, крахмал, редуцирующий сахар, хантреакотан, дукитол, железо.

Медицинские свойства алкалоидов хорошо известны; они являются сильнодействующими основой для создания многих, если не большинства,

фармацевтических препаратов за последние 100 лет. Многие анальгетики, такие как морфин и кодеин, были получены из растений, и на их основе были разработаны менее вызывающие привыкание вещества, которые используют при сердечных и дыхательных нарушениях. Одним из наиболее распространенных алкалоидов является никотин, получаемый из табачного растения и содержащийся в сигаретах и сигарах.

Основными витанолидами, которые были выделены химическим путем, являются витаферин А и витаферин D. Эти два изолята являются стероидными; они представляют собой жирорастворимые органические соединения, которые легко синтезируются в организме и могут функционировать как сигнальные молекулы, воздействующие на клеточные мембраны. Эти характеристики помогают объяснить многие противовоспалительные и обезболивающие свойства, связанные с *Withania somnifera*, как и те, которые содержатся в других алкалоидных растительных соединениях.

## 2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *WITHANIA SOMNIFERA*

Различные части растения, такие как листья, корни, цветы, кора и стебель, традиционно используются для лечения проблем с сердцем, разных видов боли, заболеваний печени, лихорадки, респираторных инфекций, ран, язв и заболеваний, связанных с нарушениями в работе иммунной системы. Лечебный потенциал растений, используемых в традиционных системах медицины (Унани и Аюрведе), был во многом обусловлен биологически активными веществами, такими как алкалоиды, стероиды, фенолы, флавоноиды и т.д.

### 2.1 Противовоспалительная активность

Противовоспалительный потенциал спиртового экстракта цельного растения был изучен и оказался более значительным, чем даже у стандартного препарата гидрокортизона, в основном из-за присутствия стероидов. Другое исследование показало, что растение вызывало дозозависимое подавление макроглобулина в сыворотке крови крыс, что считается показателем противовоспалительной активности [7]. Аналогичным образом водно-спиртовой растительный экстракт обладал значительной противовоспалительной активностью благодаря витанолидам и алкалоидам против денатурации белка *in vitro*.

Многообещающий противовоспалительный потенциал был исследован путем стабилизации активности лизосомальных ферментов. Введение порошка корня в дозе 600 мг/кг массы тела крысам с артритом, индуцированным коллагеном, значительно уменьшало тяжесть артрита с улучшением функционального восстановления двигательной активности и рентгенологического показателя. Витаферин А, экстрагированный и очищенный из корней *Withania somnifera* проявлял противовоспалительную активность, воздействуя на цистеин-179 IKK $\beta$  и ингибируя активацию NF- $\kappa$ B. Результаты были сопоставимы с действием стандартного препарата, сукцината натрия гидрокортизона. Противовоспалительный потенциал растения также может быть обусловлен пролиферацией лимфоцитов и замедленной гиперчувствительностью в зависимости

от модели воспаления, такой как артрит, индуцированный адьювантом, вызванный каррагинаном, и модель воспаления гранулемы хлопковых гранул [8].

## 2.2 Адаптогенный эффект

Клинические исследования с экстрактами корней и листьев *Withania somnifera* также показали выраженные антистрессовые и адаптогенные эффекты [9]. Известно, что компоненты *Withania somnifera* поддерживают и оказывают благотворное влияние на функцию надпочечников, повышают устойчивость к стрессу, отчего данное растение часто упоминается как «адаптоген». Растения, считающиеся адаптогенами, исторически использовались следующим образом:

- Для восстановления жизненных сил у ослабленных и слабых людей;
- для увеличения ощущения энергии;
- для улучшения умственной и физической работоспособности;
- для предотвращения негативных последствий стресса и усиления реакции организма на стресс [10].

В двойном слепом исследовании на людях у испытуемых с хроническим стрессом, принимавших запатентованный экстракт *Withania somnifera* (Sensoril), наблюдалось значительное снижение шкалы тревоги Гамильтона, уровня сывороточного кортизола, С-реактивного белка, частоты пульса и артериального давления, а также значительное повышение уровня DHEA-S и гемоглобина в сыворотке по сравнению с группой плацебо. Кроме того, наблюдались дозозависимые реакции в снижении уровня глюкозы в крови натощак и улучшении уровня липидов в сыворотке крови [11].

Адаптогенные растения в основном используются для усиления иммунного ответа человеческого организма, контролируемого уровнем гормонов стресса в крови. Цельный растительный экстракт *Withania somnifera* при введении подверженным стрессу животным снижает уровень трибулина в моче, что стимулирует физическое и психическое здоровье, повышает сопротивляемость организма и увеличивает продолжительность жизни [12]. Была исследована и обнаружена важная роль растения в синергической активации дифференциального рецептора гамма-аминомасляной кислоты как потенциального пути для адаптогенных и неврологических расстройств (тревога, нервное истощение, бессонница и т.д.) у мышей. Стандартизированный очищенный экстракт из корней растения был исследован на антистрессовую активность, лактатдегидрогеназу, сывороточную креатинфосфокиназу, уровень кортикостерона в сыворотке крови и перекисное окисление липидов в сыворотке крови самцов крыс [13]. По результатам исследования были сделаны выводы касательно свойств в отношении хронического стресса, гипергликемии, кортикостерона в плазме и мужской сексуальной дисфункции у самцов крыс линии Вистар. Результаты показали, что экстракт корня (концентрации 25 и 50 мг/кг) проявлял значительную антистрессовую и адаптогенную активность при вызванных стрессом иммунологических нарушениях у экспериментальных животных [14].

## 2.3 Противоопухолевая активность

Витанолиды, выделенные из *Withania somnifera*, ингибировали рост раковых клеток в центральной нервной системе, лёгких, молочной железе и клеточных



линиях толстой кишки. Было исследовано, что витаферин А значительно снижал рост клеточных линий рака молочной железы и толстой кишки и делал это более эффективно, чем известный противоопухолевый препарат доксорубицин. Блокирование активации NF- $\kappa$ B может включать индуцируемые или конститутивные механизмы подавления, которые приводят к усилению апоптоза, ингибированию инвазии и остеокластогенеза. Витанолид D, выделенный из листьев *Withania somnifera* проявлял антилейкемическую активность. Антилейкемическая активность витанолида D была опосредована накоплением церамида после активации нейтральной сфингомиелиназы-2, которая, в свою очередь, усиливала апоптотическую активность опухолевых клеток [15].

В одном исследовании была проведена оценка цитотоксичности 50 %-ного этанолового экстракта корня, стебля и листьев *in vitro* в отношении различных линий раковых клеток человека, например простаты, лёгких, толстой кишки и нейроblastомы. Было обнаружено, что этаноловый экстракт листьев проявляет более сильную противоопухолевую активность в отношении рака предстательной железы и толстой кишки, чем экстракты корней и стеблей. Механизм, лежащий в основе противоопухолевой активности, заключается в замедлении ферментов циклооксигеназы, пролиферации опухолевых клеток и перекисного окисления липидов путем ингибирования активации ядерного фактора- $\kappa$ B (NF- $\kappa$ B) на генетическом уровне [16]. Витаферин А также проявлял антиангиогенную активность *in vivo*, ингибируя факторы транскрипции для роста эндотелиальных клеток сосудов в очень низких концентрациях [17].

### **3. ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ *WITHANIA SOMNIFERA***

Среди других лекарственных растений семейства *Solanaceae* (Паслёновые) *Withania somnifera* неизменно привлекает интерес исследователей благодаря своей универсальности, традиционному терапевтическому применению и фармацевтическим свойствам. Экстракты данного растения с успехом применяются при терапии различных заболеваний, таких как рак, артрит, диабет, астма, геморрой, язвы, гепатит, различные виды воспалений. Результаты многочисленных доклинических испытаний подтвердили широкий спектр целебных свойств растения, таких как антидепрессивное, антиоксидантное, антибактериальное, противогрибковое, противовоспалительное, кардиопротекторное, гепатопротекторное и гипогликемическое действие. Данные испытания проводились на животных моделях (мыши, крысы и кролики), и в абсолютном большинстве были успешны [18]. Научная литература свидетельствует о противоопухолевом потенциале растения в отношении различных линий раковых клеток, который приписывается группе алкалоидов, называемых витанолидами. Флавоноиды, которые содержатся в этом растении, укрепляют мышцы и замедляют старение. *Withania somnifera* оказывает содействие в сокращении мышечных белков, обеспечивая идеальную естественную анаболическую помощь для спортсменов [19]. Корни растения показали потенциал против обсессивно-компульсивного расстройства, однако активные фитохимические вещества, ответственные за эту активность, до сих пор неизвестны. В статье, опубликованной в журнале *Phytotherapy Research* в 2011 году, было обнаружено, что водный экстракт корня *Withania somnifera* обладает

способностью ингибировать образование зрелых  $\beta$ -амилоидных фибрилл *in vitro*. Амилоидные бляшки участвуют в развитии болезни Альцгеймера. Существует острая необходимость в выделении фитохимических веществ для разработки коммерческих препаратов для лечения обсессивно-компульсивного расстройства и других психических расстройств, и некоторые исследователи выдвигают компоненты *Withania somnifera* как наиболее перспективные в этом направлении. Экстракт *Withania somnifera* изучается также в качестве лекарственного средства для лечения мужского бесплодия, успокоительного, укрепляющего кости и мышцы, гиполипидемического и противодиабетического средства. Необходимы дальнейшие клинические испытания различных экстрактов частей растения *Withania somnifera* для разработки эффективных и безопасных лекарственных препаратов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, обзор результатов исследований компонентного состава и биологической активности *Withania somnifera* показал, что на экспериментальных моделях заболеваний у животных, а также в клинических исследованиях *Withania somnifera* и её активные вещества проявили благотворное воздействие на течение ряда заболеваний.

Витанолиды и другие компоненты *Withania somnifera* являются перспективными биологически активными веществами для лечения широкого спектра заболеваний – в первую очередь воспалительных и нейродегенеративных. Высокая противовоспалительная и адаптогенная активность компонентов *Withania somnifera* доказана как в условиях *in vitro*, так и *in vivo*. Эти данные дают основу для аргументации необходимости проведения дальнейших исследований, а также указывают на важность и актуальность изучения мишеней и механизмов действия биологически активных веществ *Withania somnifera* при различных заболеваниях.

### Список литературы

1. Григорян Э. Р. Методический подход к оптимизации ассортимента лекарственных растительных препаратов, используемых в условиях санаторно-курортного реабилитационного комплекса Кавказских Минеральных Вод. Автореф. дис ... канд. фарм. наук. – Пятигорск. – 2015. – 24 с.
2. Суботьялов М. А. Традиционная аюрведическая медицина: источники, история и место в современном здравоохранении: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / М. А. Суботьялов. – Москва. – 2014. – 50 с.
3. Alam N. High catechin concentrations detected in *Withania somnifera* (ashwagandha) by high performance liquid chromatography analysis / N. Alam, M. Hossain, M. I. Khalil, M. Moniruzzaman, S. A. Sulaiman, S. H. Gan // *Altr Med.* – 2011. – No 11. – P. 65–69.
4. Das S. Qualitative screening of bioactive secondary metabolites present in *Withania somnifera* and *Rauwolfia serpentina* root and stem extract with pharmacological importance / S. Das, A. Saraf, D. Sharma, J. K. Sohal // *Int J Res Ana Rev.* – 2019. – No 6. – P. 69–74.
5. Divisha R. Quantifying phytophenols in *Andrographis paniculata* and *Withania somnifera* leaf extract / R. Divisha, V. Ranganathan, K. Vijayakaran, A. Elamaran, K. P. Senthil // *J Pharam.* – 2018. – No 7. – P. 477–479.
6. Mirjalili M. H. Steroidal lactones from *Withania somnifera*, an ancient plant for novel medicine / M. H. Mirjalili, E. Moyano, M. Bonfill, R. M. Cusido, J. Palazon // *Mole.* – 2009. – No 14. – P. 2373–2393.

7. Sumantran V. N. The relationship between chondroprotective and anti-inflammatory effects of *Withania somnifera* root and glucosamine sulphate on human osteoarthritic cartilage in vitro / V. N. Sumantran, R. Chandwaskar, S. Boddul, B. Patwardhan, A. Chopra, U. V. Wagh // *Phytother Res.* – 2008. – No 22. – P. 1342–1348.
8. Rasool M. Immunomodulatory role of *Withania somnifera* root powder on experimental induced inflammation: An in vivo and in vitro study / M. Rasool, P. Varalakshmi // *Vas Pharma.* – 2006. – No 44. – P. 406–410.
9. Yeniseti S. C. Neuropharmacological properties of *Withania somnifera* – Indian ginseng: an overview on experimental evidence with emphasis on clinical trials and patents / S. C. Yeniseti, M. J. Manjunath, C. Muralidhara // *Recent Pat CNS Drug Discov.* – 2016. – Vol. 10, No 2. – P. 204–215.
10. Raut A. A. Exploratory study to evaluate tolerability, safety, and activity of *Ashwagandha* (*Withania somnifera*) in healthy volunteers / A. A. Raut, N. N. Rege, F. M. Tadvi [et al.] // *J Ayurveda Integr Med.* – 2012. – Vol. 3, No 3. – P. 111–114.
11. Auddy B. A standardized *Withania somnifera* extract significantly reduces stress-related parameters in chronically stressed humans: a double-blind, randomized, placebo-controlled study / B. Auddy, J. Hazra, A. Mitra [et al.] // *JANA.* – 2008. – No 11. – P. 50–56.
12. Mishra L. C. Scientific basis for the therapeutic use of *Withania somnifera* (*Ashwagandha*): A review / L. C. Mishra, B. B. Singh, S. Dagenais // *Alter Med Rev.* – 2000. – No 5. – P. 334–346.
13. Misra L. Withanolides from *Withania somnifera* roots / L. Misra, P. Mishra, A. Pandey, R. S. Sangwan, N. S. Sangwan, R. Tuli // *Phytochem.* – 2008. – No 69. – P. 1000–1004.
14. Mahdi A. A. *Withania somnifera* improves semen quality in stress-related male fertility / A. A. Mahdi, K. K. Shukla, M. K. Ahmad, S. Rajendar, S. N. Shankhwar, V. Singh [et al.] // *Evi Based Compl Alter Med.* – 2009. – Vol. 2011. – P. 1–9.
15. Mondal S. Withanolide D. Carrying the baton of Indian rasayana herb as a lead candidate of antileukemic agent in modern medicine / S. Mondal, S. Roy, R. Maity, A. Mallick, R. Sangwan, S. Misra-Bhattacharya, C. Mandal // *Biochem Roles Eukar Cell Surf Macromol.* – 2012. – No 749. – P. 295–312.
16. Khan M. A. In vivo extract of *Withania somnifera* roots ameliorates arthritis via regulation of key immune mediator of inflammation in experimental model of arthritis / M. A. Khan, R. S. Ahmad, N. Chandra, V. K. Arora, A. Ali // *Anti Inflamm Anti All Agents in Med Chem.* – 2019. – No 18. – P. 55–70.
17. Ichikawa H. Withanolides potentiate apoptosis, inhibit invasion, and abolish osteoclastogenesis through suppression of nuclear factor- $\kappa\beta$  (NF- $\kappa\beta$ ) activation and NF- $\kappa\beta$ -regulated gene expression / H. Ichikawa, Y. Takada, S. Shishodia, B. Jayaprakasam, M. G. Nair, B. B. Aggarwal // *Mole Can Ther.* – 2006. – No 5. – P. 1434–1445.
18. Lim D. W. Antihyperalgesic effect of *ashwagandha* (*W. somnifera* root extract) in rat model of post operative and neuropathic pain / D. W. Lim, J. G. Kim, E. Y. Lim, Y. T. Kim // *Inflammopharm.* – 2018. – No 26. – P. 207–215.
19. Tiwari P. Diuretic activity of *ashwagandharishta* prepared by traditional and modern methods in experimental rats / P. Tiwari, R. K. Patel // *Pharmacology online.* – 2011. – No 1. – P. 740–747.

## BIOLOGICAL ACTIVITY AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF *WITHANIA SOMNIFERA*

*Zaporozhchenko A. A.<sup>1</sup>, Subotyalov M. A.<sup>1,2</sup>*

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

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

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

*Withania somnifera* is one of the perspective plants resources with a rich set of biologically active substances with a high therapeutic potential. The purpose of this review: to analyze the composition, biological activity and therapeutic potential of *Withania somnifera*.

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

*Withania somnifera* L. (synonyms: ashwagandha, suranjan, winter cherry, Indian ginseng) is a medicinal plant of the Solanaceae family, found in abundance in the subtropical regions of the world: Africa, the Mediterranean, Sri Lanka, Pakistan and India. In traditional Ayurvedic medicine, the roots and leaves of this plant are considered indispensable due to their high therapeutic and nutraceutical potential for the treatment of various diseases. Clinical and preclinical studies have shown the potential of the plant in the treatment of hepatotoxicity, neurological disorders, anxiety, Parkinson's disease, immunological diseases and hyperlipidemia. The fruits contain a significant amount of saponins, and the leaves have properties that repel insects.

Phytochemical analysis of *Withania somnifera* revealed the presence of pharmacologically active steroidal lactones called withanolides. Vitanin, a group of alkaloids isolated from the roots of the plant, makes up 38 % of the total alkaloid weight. The main withanolides isolated from *Withania somnifera* in India were withanolide D and withaferin A, which exhibited antitumor and cytotoxic properties. In addition to alkaloids, the plant also contains steroids, saponins, phenolic compounds, flavonoids, phytophenols, and glycosides.

A review of the results of studies on the composition and biological activity of *Withania somnifera* demonstrated that in experimental animal models of diseases, as well as in clinical studies, *Withania somnifera* and its active substances showed a beneficial effect on the course of a number of diseases.

The analysis showed that *Withania somnifera* contains a wide range of biologically active substances: alkaloids, steroid compounds (withanolides), saponins, amino acids, and others. Studies have demonstrated anti-inflammatory, antioxidant, antibiotic, antitumor, antidepressant, antidiabetic, adaptogenic, hepatoprotective effects.

Withanolides and other components of *Withania somnifera* are perspective biologically active substances for the treatment of a wide range of diseases, primarily inflammatory and neurodegenerative ones. The high anti-inflammatory and adaptogenic activity of *Withania somnifera* components has been proven both in vitro and in vivo. These data provide a basis for arguing the need for further research, and also indicate the importance and relevance of studying the targets and mechanisms of action of *Withania somnifera* biologically active substances in various diseases.

**Keywords:** *Withania somnifera*, pharmacognosy, biological activity, plant resources, component composition, pharmacological properties, withanolides, therapeutic potential.

## References

1. Grigoryan E. R. *A methodical approach to optimizing the range of medicinal herbal preparations used in the conditions of the sanatorium-resort rehabilitation complex of the Caucasian Mineral Waters*. Abstract of thesis... cand. pharmaceut. sciences. 24 p. (Pyatigorsk, 2015). [In Russian].
2. Subotyalov M. A. *Traditional Ayurvedic Medicine: Sources, History and Place in Modern Healthcare*: Abstract of thesis... d. med. sciences. 50 p. (Moscow, 2014). [In Russian].

3. Alam N., Hossain M., Khalil M. I., Moniruzzaman M., Sulaiman S. A., Gan S. H. High catechin concentrations detected in *Withania somnifera* (ashwagandha) by high performance liquid chromatography analysis, *Altr Med*, **11**, 65 (2011).
4. Das S., Saraf A., Sharma D., Sohal J. K. Qualitative screening of bioactive secondary metabolites present in *Withania somnifera* and *Rauwolfia serpentina* root and stem extract with pharmacological importance, *Int J Res Ana Rev*, **6**, 69 (2019).
5. Divisha R., Ranganathan V., Vijayakaran K., Elamaran A., Senthil K. P. Quantifying phytophenols in *Andrographis paniculata* and *Withania somnifera* leaf extract, *J Pharam*, **7**, 477 (2018).
6. Mirjalili M. H., Moyano E., Bonfill M., Cusido R. M., Palazon J. Steroidal lactones from *Withania somnifera*, an ancient plant for novel medicine, *Mole*, **14**, 2373 (2009).
7. Sumantran V. N., Chandwaskar R., Boddul S., Patwardhan B., Chopra A., Wagh U. V. The relationship between chondroprotective and anti-inflammatory effects of *Withania somnifera* root and glucosamine sulphate on human osteoarthritic cartilage in vitro. *Phytother Res*, **22**, 1342 (2008).
8. Rasool M., Varalakshmi P. Immunomodulatory role of *Withania somnifera* root powder on experimental induced inflammation: An in vivo and in vitro study, *Vas Pharma*, **44**, 406 (2006).
9. Yeniseti S. C., Manjunath M. J., Muralidhara C. Neuropharmacological properties of *Withania somnifera* – Indian ginseng: an overview on experimental evidence with emphasis on clinical trials and patents, *Recent Pat CNS Drug Discov*, **10(2)**, 204 (2016).
10. Raut A. A., Rege N. N., Tadvi F. M., et al. Exploratory study to evaluate tolerability, safety, and activity of Ashwagandha (*Withania somnifera*) in healthy volunteers, *J Ayurveda Integr Med*, **3(3)**, 111 (2012).
11. Auddy B., Hazra J., Mitra A., et al. A standardized *Withania somnifera* extract significantly reduces stress-related parameters in chronically stressed humans: a double-blind, randomized, placebo-controlled study, *JANA*, **11**, 50 (2008).
12. Mishra L. C., Singh B. B., Dagenais S. Scientific basis for the therapeutic use of *Withania somnifera* (Ashwagandha): A review, *Alter Med Rev*, **5**, 334 (2000).
13. Misra L., Mishra P., Pandey A., Sangwan R. S., Sangwan N. S., Tuli R. Withanolides from *Withania somnifera* roots, *Phytochem*, **69**, 1000 (2008).
14. Mahdi A. A., Shukla K. K., Ahmad M. K., Rajendar S., Shankwar S. N., Singh V. et al. *Withania somnifera* improves semen quality in stress-related male fertility, *Evi Based Compl Alter Med*, **2011**, 1 (2009).
15. Mondal S., Roy S., Maity R., Mallick A., Sangwan R., Misra-Bhattacharya S., Mandal C. Withanolide D. Carrying the baton of Indian rasayana herb as a lead candidate of antileukemic agent in modern medicine, *Biochem Roles Eukar Cell Surf Macromol*, **749**, 295 (2012).
16. Khan M. A., Ahmad R. S., Chandra N., Arora V. K., Ali A. In vivo extract of *Withania somnifera* roots ameliorates arthritis via regulation of key immune mediator of inflammation in experimental model of arthritis, *Anti Inflamm Anti All Agents in Med Chem*, **18**, 55 (2019).
17. Ichikawa H., Takada Y., Shishodia S., Jayaprakasam B., Nair M. G., Aggarwal B. B. Withanolides potentiate apoptosis, inhibit invasion, and abolish osteoclastogenesis through suppression of nuclear factor- $\kappa\beta$  (NF- $\kappa\beta$ ) activation and NF- $\kappa\beta$ -regulated gene expression, *Mole Can Ther*, **5**, 1434 (2006).
18. Lim D. W., Kim J. G., Lim E. Y., Kim Y. T. Antihyperalgesic effect of ashwagandha (*W. somnifera* root extract) in rat model of post operative and neuropathic pain, *Inflammopharm*, **26**, 207 (2018).
19. Tiwari P., Patel R. K. Diuretic activity of ashwagandharishta prepared by traditional and modern methods in experimental rats, *Pharmacology online*, **1**, 740 (2011).

**УДК 615.322**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-102-111**

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ *ZINGIBER OFFICINALE***

**Запорожченко А. А.<sup>1</sup>, Суботьялов М. А.<sup>1,2</sup>**

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

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

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

В обзоре представлен анализ публикаций, посвященных выявлению биологической активности, компонентного состава, фармакологических свойств и терапевтического потенциала различных компонентов растения *Zingiber officinale*. При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed, Scopus. Проведенный анализ показал, что в составе *Zingiber officinale* присутствует широкий спектр биологически активных веществ: гингеролы, шогоалы, эфирные масла, фитостеролы, сесквитерпены и другие. В исследованиях были продемонстрированы противовоспалительный, антиоксидантный, антибиотический, противоопухолевый, нейропротекторный, антидиабетический, противорвотный, гепатопротекторный эффекты. Обзор показал, что *Zingiber officinale* обладает терапевтическим потенциалом и может быть перспективным видом сырья для разработки средств, эффективных при различных заболеваниях.

**Ключевые слова:** имбирь, *Zingiber officinale*, гингеролы, шогоалы, фармакогнозия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Частота применения растительных ресурсов в качестве терапевтических средств при различных отклонениях в состоянии здоровья повышается с каждым годом.

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

Одним из перспективных растительных ресурсов, с богатым набором биологически активных веществ, обладающих высоким терапевтическим потенциалом, является *Zingiber officinale* (Имбирь).

Имбирь (*Zingiber officinale*) – это многолетнее растение, которое широко культивируются в Индии, Бангладеше, Китае, Австралии и Нигерии. Корневище имбиря используется в качестве продукта питания. В регионе Юго-Восточной Азии свежий имбирь используется для придания аромата приготовленному карри и мясу; данная приправа также применяется по всему миру для ароматизации хлебобулочных изделий, напитков, десертов и различных соусов.

В лечебных целях имбирь используется с древних времён. Например, это хорошо задокументировано в китайской и греческой истории, а также в арабской и римской литературе. С древних времен он пользовался популярностью и в Индии благодаря своим целебным свойствам. Как традиционная, так и современная медицина демонстрируют терапевтические возможности имбиря.

Имбирь является профилактическим средством при проблемах с пищеварением, таких как расстройство желудка, кишечные инфекции и различные виды пищевых отравлений. Было замечено, что он активен против рвоты, связанной с беременностью, и при лечении артрита, а также для предотвращения тошноты во время путешествий. Ещё одно применение свежего имбиря – улучшение кровообращения и снижение высокого кровяного давления за счет согревания тела. Его также применяли для лечения ожогов кожи.

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

При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed, Scopus. 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 *Zingiber officinale* при различных нозологиях.

## 1. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ *ZINGIBER OFFICINALE*

Химическое исследование имбиря показало, что в нем содержится более 400 различных компонентов. Основные едкие соединения из липофильного экстракта корневища дают потенциально активные гингеролы, которые могут быть преобразованы в шогоалы, зингерон и парадол (Рисунок 1). Сушеные или экстрагированные продукты содержат большее количество зингерона и шогоала по сравнению со свежим имбирем.

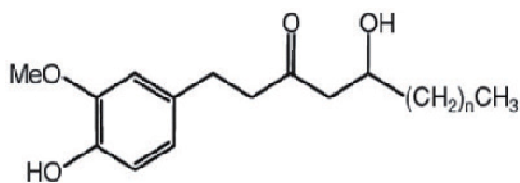
Наиболее важными считаются углеводы (50–70 %), липиды (6–8 %), фенольные кислоты и терпены в корневищах имбиря. Кроме того, также присутствуют фитостеролы, аминокислоты, сырая клетчатка, зола, белок, витамины (витамин А и никотиновая кислота) и минералы.

Из имбиря были выделены следующие соединения:

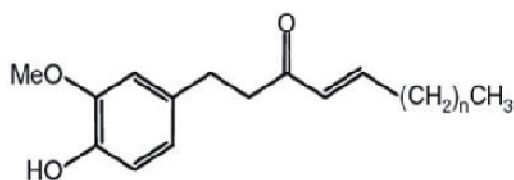
- Углеводы (крахмал, 50–70 %)
- Белок (9 %)
- Липиды (6–8 %), состоящие из триглицеридов, фосфатидной кислоты, лецитинов и свободных жирных кислот
- Протеаза (2 %)

- Эфирные масла (1–3 %), основными компонентами которых являются сесквитерпены (бисаболен, зингиберен и зингиберол) и различные «острые» вещества, ароматические кетоны, известные под общим названием витамины гингеролов (особенно ниацин и витамин А)

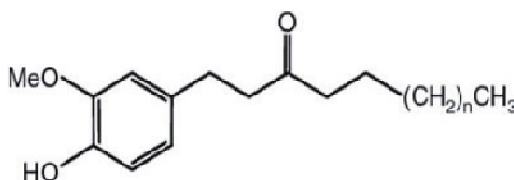
- Смолы
- Фенольные кислоты



**Гингеролы**



**Шогаолы**



**Парадолы**

Рис. 1. Основные компоненты корневища *Zingiber officinale*.

Считается, что острые компоненты являются наиболее фармакологически активными компонентами имбиря. Гингерол и его производные можно найти в живице имбиря в концентрациях до 33 %. Свежая живица будет иметь более высокий процент более острого гингерола, потому что гингерол может быть обезвожен во время хранения с образованием шогаола или его жирнокислотная часть расщепляется с образованием зингерона. Живица производится путем экстрагирования маслянистых и смолистых материалов с помощью растворителя (спирта, гексана или ацетона). Фармакокинетические исследования на людях



показывают, что основные острые компоненты всасываются после перорального приема и могут быть обнаружены в крови в виде конъюгатов глюкуронида и сульфата.

Существует множество исследований на животных, показывающих, что *Zingiber officinale* не только улучшает функцию почек, но и особенно полезен для защиты почек от кадмия. Основным механизмом защиты, по-видимому, является способность имбиря уменьшать воспаление и окислительное повреждение ткани почек, подвергающейся воздействию различных токсинов. Противовоспалительные свойства имбиря для почек обусловлены его антиоксидантными свойствами и эпигенетическим подавлением провоспалительных генов [1]. Несколько исследований на животных показали, что имбирь может защитить почки от кадмия, а также от алкоголя, малатиона, четыреххлористого углерода, хроматов, фруктозы, гентамицина, ишемии, свинца и противораковой химиотерапии [2].

## 2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *ZINGIBER OFFICINALE*

Имбирь издавна использовался в качестве растительного лекарственного средства, а его главные компоненты – гингеролы и шогаолы – обнаруживают важные терапевтические свойства. Начиная с прошлого столетия, было проведено большое количество исследований экстрактов имбиря, чтобы создать новые возможности для выявления методов лечения тяжёлых и трудно поддающихся терапии заболеваний. Известно, что имбирь и его едкие изолированные соединения обладают многими мощными биологическими свойствами. Он обладает потенциалом модулировать ферментативный профиль и действовать в качестве меры профилактики некоторых заболеваний. *Zingiber officinale* обладает различными лечебными свойствами, включая противовоспалительные, антиоксидантные, репеллентные, антибактериальные, антимуtagenные, антиканцерогенные и антиоксидантные свойства.

### 2.1 Антиоксидантная активность

Имбирь обладает потенциальной антиоксидантной активностью. Считается, что имбирь – это растение со значительным антиоксидантным составом, которое предотвращает различные заболевания. Он также играет важную роль в снижении окисления липидов. Например, ингибирование комплекса аскорбат/железо в микросомах печени крысы вызывало перекисное окисление липидов. Кроме того, было показано, что экстракт имбиря и гингерол поглощают супероксидный анион и гидроксильные радикалы. Более того, после термической обработки антиоксидантная активность имбиря не изменилась [3]. Было выявлено, что предотвращение повреждения макромолекул из-за окислительного стресса может быть устранено экстрактами имбиря и его производными [4]. 6-гингерол идентифицирован как мощное антиоксидантное соединение в сочетании с противовоспалительным и антиапоптотическим действием в исследованиях *in vivo* и *in vitro* [5].

## 2.2 Нейропротекторная активность

Имбирь обладает нейропротекторной активностью благодаря фенольным и флавоноидным соединениям. Экстракты имбиря были изучены как нейропротекторное действие на токсичность, вызванную глутаматом натрия, в головном мозге крысы. Было продемонстрировано, что экстракт корней имбиря играет значительную роль в нейропротекторной роли при этой токсичности [6]. В экспериментах было показано, что при транзиторной глобальной ишемии ингибирование микроглии б-сегалом также показало нейропротекторный результат [7]. Иногда повреждение головного мозга происходит у больных сахарным диабетом. Было установлено, что имбирь может быть терапевтической альтернативой лечению вызванных диабетом повреждений головного мозга. Это было выявлено на стрептозотоцин-индуцированном диабетическом мозге крыс. Кроме того, предварительная обработка экстрактами имбиря уменьшала судорожное поведение у мышей, получавших пентилентетразол [8].

## 2.3 Противорвотное действие

Как упоминалось ранее, имбирный сок используется при морской болезни из-за его центрального и периферического антихолинергического и антигистаминного действия. Гингеролы, сегоалы, галанолактон и дитерпеноид экстракта имбиря могут уменьшить тошноту и рвоту [9]. Например, на животной модели было доказано, что он обладает антагонизмом к антисеротонинергическим и 5-НТЗ рецепторам, что показало важную функцию в этиологии послеоперационной рвоты и тошноты [10]. Имбирь был протестирован в двойном слепом плацебо-контролируемом исследовании для лечения тошноты и рвоты у онкологических больных, подтвердившем его эффективность [11].

## 2.4 Противовоспалительная активность

Имбирь и его компоненты играют важную роль в противовоспалительных процессах. Для исследования противовоспалительного эффекта в клеточную стенку модели ревматоидного артрита, индуцированного стрептококком, у женщин с артритом Льюиса было применено эфирное масло имбиря. В результате было показано, что он подавляет острую боль в суставах [12]. Кроме того, *in vitro* было изучено ингибирование циклооксигеназы (ЦОГ) и ядерного фактора NF- $\kappa$ B, что оказывает значительное противовоспалительное действие. Таким образом, имбирь может помочь для облегчения боли и других симптомов при ревматоидном артрите и остеоартрите, улучшая подвижность суставов.

*Zingiber officinale* оказывает противовоспалительное действие, подавляя синтез простагландинов, тромбоксинов и лейкотриенов. Предварительное клиническое исследование было проведено с участием семи пациентов с подтвержденным ревматоидным артритом, которые слабо реагировали на обычные препараты (НПВС и базисные препараты), получая лишь временное или частичное облегчение [13]. Все пациенты получали экстракт имбиря в дозах 50 г/день (обработанный имбирь) в виде порошка или 5 г/день (свежий имбирь). Несмотря на различия в дозах, все пациенты, принимавшие имбирь, сообщили о значительном улучшении, включая

облегчение боли, улучшение подвижности суставов, а также уменьшение отёков и утренней скованности. В последующем исследовании оценивались 28 пациентов с РА (18 с остеоартритом и 10 с мышечным синдромом), которые принимали от 500 до 4000 мг порошкового имбиря в течение от 3 месяцев до 2,5 лет. В результате 75 % пациентов с артритом и 100 % пациентов с мышечным синдромом отметили общее улучшение состояния, снижение отёка и боли; сообщается также, что данный эффект был дозозависимым. В большинстве исследований использовался 1 грамм сухого измельченного корня имбиря, что является относительно небольшой дозой по сравнению со средним ежедневным потреблением от 8 до 10 граммов в Индии. Ежедневная доза от 2 до 4 грамм сухого измельченного имбиря безопасна и может быть эффективной при РА. Это примерно эквивалентно 20 граммам свежего корня имбиря, и его можно легко включить в рацион вместе со свежими фруктовыми и овощными соками для профилактики и комPLEMENTАРНОГО лечения вместе с стандартными синтетическими лекарственными средствами.

### **2.5 Гепатопротекторная активность**

Экстракты имбиря обладают значительным гепатопротекторным действием. Одной из распространённых причин токсического поражения печени считается алкоголизм. Исследования выявили, что имбирь оказывает защитное действие на печень крыс при гепатотоксичности, вызванной тетрахлорметаном. Кроме того, было установлено, что гингерол оказывает защитное действие в случае цирроза печени, вызванного четырёххлористым углеродом у крыс [14]. Экстракты имбиря также повышают уровень антиоксидантных ферментов в печени. В данном исследовании для профилактики гепатотоксичности, вызванной ацетаминофеном, был использован водный экстракт имбиря (400 мг/кг перед приемом ацетаминофена).

### **2.6 Противоязвенная активность**

В имбире были обнаружены некоторые противоязвенные соединения. Доказана противоязвенная активность 6-гингесульфоновой кислоты и трех моноацилдигалактозилглицеринатов, гликолипидов имбиря А, В и С. Данный эффект активности был выявлен в эксперименте на животных моделях язвы желудка и достигается за счёт потенциального ингибирования тромбоксансинтетазы. Основная часть экстракта имбиря – 6-шогаол и 6-гингерол – помогает подавлять сокращение желудка *in situ*, в этом отношении 6-шогаол проявил более интенсивное действие, чем другие соединения [15].

### **2.7 Антибиотическая активность**

Экстракты листьев и корня имбиря проявили выраженную антибактериальную активность. В перспективе его можно рассматривать в качестве альтернативы антибиотикам для борьбы с инфекциями. Наиболее высокая антибактериальная активность в отношении золотистого стафилококка и *Streptococcus pyogenes* была выявлена в экстрактах корня имбиря [16]. Отмечается, что 10 %-ный этанольный экстракт имбиря обладает антимикробным действием против микроорганизмов.

Эфирное масло и живица, извлеченные из имбиря, также показали потенциальную антимикробную активность [17].

### **2.8 Антимутагенная и противораковая активность**

В проведённых исследованиях имбирь проявлял противоопухолевую активность, модулируя генетические пути. Это помогает активировать конкретный ген, подавляющий опухоль. Вместе с этим *Zingiber officinale* может ингибировать фактор роста эндотелия сосудов и регулировать апоптоз клеток. Например, было установлено, что терпеноиды, входящие в состав имбиря, индуцируют апоптоз в раковых клетках эндометрия посредством активации супрессора образования злокачественных опухолей белка p53. Для лечения рака предстательной железы цельный экстракт имбиря продемонстрировал ценные терапевтические свойства в экспериментах *in vitro* и *in vivo* [18]. Также, лечение экстрактом имбиря (100 мг/кг массы тела) показало самую высокую эффективность при активации TNF- $\alpha$  с целью блокировании рака печени крыс. Эксперименты выявили антиканцерогенный эффект против рака молочной железы и рака поджелудочной железы [19]. Кроме того, клеточная линия хронического миелоидного лейкоза K562 была подавлена цельными экстрактами имбиря [15].

### **2.9 Антидиабетическая активность**

Диабетические эндокринные дисфункции характеризуются дефектами секреции или действия инсулина у человека. По данным Всемирной организации здравоохранения, распространённость диабета сопоставима с уровнем инфляции – постоянно растёт. Имбирь рекомендуется в качестве потенциального лекарственного средства при лечении диабета. Его компоненты показали решающую роль в контроле диабета и его осложнений благодаря антигипергликемическим эффектам – они были успешно продемонстрированы *in vitro* и *in vivo* на клетках. Имбирь также помогает снизить уровень сахара у больных диабетом, а также уменьшает уровень холестерина в крови. Например, этанольный экстракт из имбиря снижал уровень глюкозы в крови [20].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Имбирь как пряность используется в том или ином виде во всём мире. Между тем корневище и экстракты имбиря обладают высокой фармакологической эффективностью. *Zingiber officinale* содержит различные биологические соединения, среди которых особо выделяют гингеролы и шогаолы благодаря наиболее выраженным эффектам. Большинство экспериментов было сосредоточено на обезболивающих, противорвотных, противовоспалительных и антиоксидантных свойствах экстрактов имбиря. Исследовательский интерес в отношении *Zingiber officinale* направлен в сторону его фитотерапевтических свойств, которые имели бы гораздо меньше побочных эффектов, чем аналогичные синтетические лекарства. Будущие исследования должны основываться на углублении знаний об уже изученных видах терапевтической активности экстрактов имбиря.

Список литературы

1. Kim M. K. Modulation of age-related NF-kappa B activation by dietary zingerone via MAPK pathway / M. K. Kim, S. W. Chung, D. H. Kim [et al.] // *Exp Gerontol.* – 2010. – Vol. 45, No 6. – P. 419–426.
2. Baiomy A. A. Protective effect of ginger and zinc chloride mixture on the liver and kidney alterations induced by malathion toxicity / A. A. Baiomy, H. F. Attia, M. M. Soliman, O. Makrum // *Int J Immunopathol Pharmacol.* – 2015. – Vol. 28, No 1. – P. 122–128.
3. Sueishi Y. Heat treatments of ginger root modify but not diminish its antioxidant activity as measured with multiple free radical scavenging (MULTIS) method / Y. Sueishi, H. Masamoto, Y. Kotake // *J. Clin. Biochem. Nutrit.* – 2019. – Vol. 64, No 2. – P. 143–147.
4. Rahmani A. H. Active ingredients of ginger as potential candidates in the prevention and treatment of diseases via modulation of biological activities / A. H. Rahmani // *Int. J. Physiol. Pathophysiol. Pharmacol.* – 2014. – Vol. 6, No 2. – P. 125–136.
5. Kim J. K. [6]-Gingerol prevents UVB-induced ROS production and COX-2 expression in vitro and in vivo / J. K. Kim, Y. Kim, K. M. Na, Y. J. Surh, T. Y. Kim // *Free Radic. Res.* – 2007. – Vol. 41, No 5. – P. 603–614.
6. Waggas A. M. Neuroprotective evaluation of extract of ginger (*Zingiber officinale*) root in monosodium glutamate-induced toxicity in different brain areas male albino rats / A. M. Waggas // *Pak. J. Biol. Sci.* – 2009. – Vol. 12, No 3. – P. 201–212.
7. Ha S. K. 6-Shogaol, a ginger product, modulates neuroinflammation: a new approach to neuroprotection / S. K. Ha, E. Moon, M. S. Ju, D. H. Kim, J. H. Ryu, M. S. Oh, S. Y. Kim // *Neuropharmacology.* – 2012. – Vol. 63, No 2. – P. 211–223.
8. Naeimi R. *Zingiber officinale* extract pre-treatment ameliorates astrocytes activation and enhances neuroprotection in pentylenetetrazol-induced kindling model of epilepsy in mice / R. Naeimi, M. Ghasemi-Kasman, S. Kazemi, M. Ashrafpour, A. A. Moghadamnia, F. Pourabdolhossein // *Physiol. Pharmacol.* – 2018. – Vol. 22, No 2. – P. 92–102.
9. Bhattarai S. The stability of gingerol and shogaol in aqueous solutions / S. Bhattarai, V. H. Tran, C. C. Duke // *J. Pharm. Sci.* – 2001. – Vol. 90, No 10. – P. 1658–1664.
10. Vutyavanich T. Ginger for nausea and vomiting in pregnancy: Randomized, doublemasked, placebo-controlled trial / T. Vutyavanich, T. Kraissarin, R. A. Ruangsri // *Obstet. Gynecol.* – 2001. – Vol. 97, No 4. – P. 577–582.
11. Revol B. Pharmacokinetic herb-drug interaction between ginger and crizotinib / B. Revol, E. Gautier-Veyret, C. Arrivé, Sam-Laï N. Fouilhé, A. McLeer-Florin, H. Pluchar, ... & A. C. Toffart // *Br. J. Clin. Pharmacol.* – 2019. – No 1–2.
12. Mahboubi M. *Zingiber officinale* Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity / M. Mahboubi // *Clin. Phytoscience.* – 2019. – Vol. 5, No 6. – P. 1–12.
13. Srivastava K. C. Ginger (*Zingiber officinale*) and rheumatic disorders / K. C. Srivastava, T. Mustafa // *Med Hypothesis.* – 1989. – No 29. – P. 25–28.
14. Abd-Allah G. A. Protective effects of curcumin and ginger on liver cirrhosis induced by carbon tetrachloride in rats / G. A. Abd-Allah, K. A. El-Bakry, M. H. Bahnasawy, E. R. El-Khodary // *Int. J. Pharmacol.* – 2016. – No 12. – P. 361–369.
15. Tiber P. M. Biological effects of whole *Z. Officinale* extract on chronic myeloid leukemia cell line K562 / P. M. Tiber, S. K. Sevinc, O. Kilinc, O. Orun // *Gene.* – 2019. – No 15 (692). – P. 217–222.
16. Giriraju A. Assessment of antimicrobial potential of 10 % ginger extract against *Streptococcus mutans*, *Candida albicans*, and *Enterococcus faecalis*: an in vitro study / A. Giriraju, G. Y. Yunus // *Indian J. Dent. Res.* – 2013. – No 24 (4). – P. 397–400.
17. Bellik Y. Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale* Roscoe / Y. Bellik // *Asian Pac. J. Trop. Dis.* – 2014. – No 4 (1). – P. 40–44.
18. Karna P. Benefits of whole ginger extract in prostate cancer / P. Karna, S. Chagani, S. R. Gundala, P. C. Rida, G. Asif, V. Sharma, R. Aneja // *Br. J. Nutr.* – 2012. – No 107 (4). – P. 473–484.
19. Akimoto M. Anticancer effect of ginger extract against pancreatic cancer cells mainly through reactive oxygen species-mediated autotoxic cell death / M. Akimoto, M. Iizuka, R. Kanematsu, M. Yoshida, K. Takenaga // *PLoS One.* 2015. – No 10 (5). – P. 185–196.

20. Ojewole J. A. Analgesic, antiinflammatory and hypoglycaemic effects of ethanol extract of *Zingiber officinale* (Roscoe) rhizomes (Zingiberaceae) in mice and rats / J. A. Ojewole // *Phytother. Res.* – 2006. – No 20 (9). – P. 764–772.

## BIOLOGICAL ACTIVITY AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF *ZINGIBER OFFICINALE*

Zaporozhchenko A. A.<sup>1</sup>, Subotyalov M. A.<sup>1,2</sup>

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

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

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

The frequency of the use of plant resources as therapeutic agents for various health conditions increases every year. Modern pharmaceuticals should be cost-effective, safe, effective and have a wide spectrum of action. Therefore, much attention is paid to the search and introduction of new sources of biologically active substances into pharmaceuticals.

One of the perspective plants resources with a rich set of biologically active substances with high therapeutic potential, is *Zingiber officinale* (Ginger).

Ginger has long been used as a herbal remedy, and its main components – gingerols and shogaols – reveal important therapeutic properties. Since the last century a large number of studies of ginger extracts have been conducted to create new opportunities for identifying methods of treating severe and difficult-to-treat diseases. Ginger and its caustic isolated compounds are known to have many powerful biological properties. It has the potential to modulate the enzymatic profile and act as a preventive measure for certain diseases.

The review presents an analysis of publications devoted to the identification of biological activity, component composition, pharmacological properties and therapeutic potential of various components of the *Zingiber officinale* plant. While writing this paper, articles in publications included in PubMed, Scopus were used. The analysis showed that *Zingiber officinale* contains a wide range of biologically active substances: gingerols, shogaols, essential oils, phytosterols, sesquiterpenes and others. Anti-inflammatory, antioxidant, antibiotic, antitumor, neuroprotective, antidiabetic, antiemetic, hepatoprotective effects have been demonstrated in studies. The review showed that *Zingiber officinale* has therapeutic potential and can be a promising type of raw material for the development of drugs effective for various diseases.

Ginger as a spice is used in one form or another all over the world. Meanwhile, the rhizome and ginger extracts have high pharmacological efficacy. *Zingiber officinale* contains various biological compounds, among which gingerols and shogaols are particularly distinguished due to the most pronounced effects. Most of the experiments focused on the analgesic, antiemetic, anti-inflammatory and antioxidant properties of ginger extracts. Research interest in *Zingiber officinale* is directed towards its phytotherapeutic properties, which would have much fewer side effects than similar

synthetic drugs. Future research should be based on deepening knowledge about the already studied types of therapeutic activity of ginger extracts.

**Keywords:** ginger, *Zingiber officinale*, gingerols, shogaols, pharmacognosy.

### References

1. Kim M. K., Chung S. W., Kim D. H., et al. Modulation of age-related NF-kappa B activation by dietary zingerone via MAPK pathway, *Exp Gerontol*, **45(6)**, 419, (2010).
2. Baiomy A. A., Attia H. F., Soliman M. M., Makrum O. Protective effect of ginger and zinc chloride mixture on the liver and kidney alterations induced by malathion toxicity, *Int J Immunopathol Pharmacol*, **28(1)**, 122, (2015).
3. Sueishi Y., Masamoto H., Kotake Y. Heat treatments of ginger root modify but not diminish its antioxidant activity as measured with multiple free radical scavenging (MULTIS) method, *J. Clin. Biochem. Nutrit*, **64(2)**, 143 (2019).
4. Rahmani A. H. Active ingredients of ginger as potential candidates in the prevention and treatment of diseases via modulation of biological activities, *Int. J. Physiol. Pathophysiol. Pharmacol*, **6(2)**, 125, (2014).
5. Kim J. K., Kim Y., Na K. M., Surh Y. J., Kim T. Y. [6]-Gingerol prevents UVB-induced ROS production and COX-2 expression in vitro and in vivo, *Free Radic. Res*, **41(5)**, 603, (2007).
6. Waggas A. M. Neuroprotective evaluation of extract of ginger (*Zingiber officinale*) root in monosodium glutamate-induced toxicity in different brain areas male albino rats, *Pak. J. Biol. Sci*, **12(3)**, 201 (2009).
7. Ha S. K., Moon E., Ju M. S., Kim D. H., Ryu J. H., Oh M. S., Kim S. Y. 6-Shogaol, a ginger product, modulates neuroinflammation: a new approach to neuroprotection, *Neuropharmacology*, **63(2)**, 211, (2012).
8. Naeimi R., Ghasemi-Kasman M., Kazemi S., Ashrafpour M., Moghadamnia A. A., Pourabdolhossein F. *Zingiber officinale* extract pre-treatment ameliorates astrocytes activation and enhances neuroprotection in pentylenetetrazol-induced kindling model of epilepsy in mice, *Physiol. Pharmacol*, **22(2)**, 92 (2018).
9. Bhattarai S., Tran V. H., Duke C. C. The stability of gingerol and shogaol in aqueous solutions, *J. Pharm. Sci*, **90(10)**, 1658 (2001).
10. Vutyavanich T., Kraissarin T., Ruangsri R. A. Ginger for nausea and vomiting in pregnancy: Randomized, doublemasked, placebo-controlled trial, *Obstet. Gynecol*, **97(4)**, 577 (2001).
11. Revol B., Gautier-Veyret E., Arrivé C., Fouilhé Sam-Laï N., McLeer-Florin A., Pluchar H., ... & Toffart A. C. Pharmacokinetic herb-drug interaction between ginger and crizotinib, *Br. J. Clin. Pharmacol*, **1-2**, (2019).
12. Mahboubi M. *Zingiber officinale* Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity, *Clin. Phytoscience*, **5(6)**, 1, (2019).
13. Srivastava K. C., Mustafa T. Ginger (*Zingiber officinale*) and rheumatic disorders, *Med Hypothesis*, **29**, 25, (1989).
14. Abd-Allah G. A., El-Bakry K. A., Bahnasawy M. H., El-Khodary E. R. Protective effects of curcumin and ginger on liver cirrhosis induced by carbon tetrachloride in rats, *Int. J. Pharmacol*, **12**, 361, (2016).
15. Tiber P. M., Sevinc S. K., Kilinc O., Orun O. Biological effects of whole *Z. Officinale* extract on chronic myeloid leukemia cell line K562, *Gene*, **15(692)**, 217, (2019).
16. Giriraju A., Yunus G. Y. Assessment of antimicrobial potential of 10% ginger extract against *Streptococcus mutans*, *Candida albicans*, and *Enterococcus faecalis*: an in vitro study, *Indian J. Dent. Res*, **24(4)**, 397, (2013).
17. Bellik Y. Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale* Roscoe, *Asian Pac. J. Trop. Dis*, **4(1)**, 40, (2014).
18. Karna P., Chagani S., Gundala S. R., Rida P. C., Asif G., Sharma V., Aneja R. Benefits of whole ginger extract in prostate cancer, *Br. J. Nutr*, **107(4)**, 473, (2012).
19. Akimoto M., Iizuka M., Kanematsu R., Yoshida M., Takenaga K. Anticancer effect of ginger extract against pancreatic cancer cells mainly through reactive oxygen species-mediated autotic cell death, *PLoS One*, **10(5)**, 185, (2015).
20. Ojewole J. A. Analgesic, antiinflammatory and hypoglycaemic effects of ethanol extract of *Zingiber officinale* (Roscoe) rhizomes (*Zingiberaceae*) in mice and rats, *Phytother. Res*, **20(9)**, 764, (2006).

**УДК 572.087**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-112-118**

## **АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИЦ ЖЕНСКОГО ПОЛА 15–21 ГОДА Г. КАЛУГА**

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

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

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», Калуга, Россия  
E-mail: katan085@yandex.ru*

Представлены результаты исследования длины тела, массы тела и индекса массы тела лиц женского пола 15–21 года из г. Калуга. Согласно критерию Колмогорова-Смирнова в полученных данных отсутствует нормальное распределение, а согласно критерию U Манна-Уитни и критерию Н Краскела-Уоллеса не выявлены достоверные статистические различия между различными возрастными группами. Все возрастные группы объединены в одну группу, что, в свою очередь, не соответствует принятой классификации возрастных периодов в науке.

**Ключевые слова:** женский пол, девушки, длина тела, масса тела, индекс массы тела.

### **ВВЕДЕНИЕ**

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

Однако такого рода исследования по Калужской области малочисленны и не системны, публикаций с подобными данными в широком доступе не обнаружено. **Целью** настоящей работы является сбор и анализ антропометрических данных у девушек и женщин, проживающих на территории Калужской области.

Здоровье и обучение, если рассматривать с гигиенических позиций, взаимосвязаны и взаимообусловлены. В условиях повышения информационных нагрузок и интенсивности учебного процесса возрастают требования к физическому состоянию и здоровью обучаемых.

Агаева К. Ф. отмечает, что «Мониторинг антропометрических показателей включен в обязательную программу профилактических осмотров, что позволяет прослеживать динамику физического развития отдельных социальных групп населения» [6].

Полученные данные и материал исследования могут быть актуальными для последующих антропометрических исследований, использоваться при анализе развития различных поколений, изучении процессов акселерации и децелерации, проведении спортивных и оздоровительных мероприятий в образовательных



учреждениях. Кроме того, знание особенностей физического развития и учет этих данных имеет большое значение в практике исследований состояния здоровья.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 208 лиц женского пола в возрасте от 15 лет до 21 года. Сбор данных осуществлялся с 2019 по 2021 год. Определялись такие антропометрические признаки, как длина тела и масса тела. На основании этих признаков рассчитывался индекс массы тела (ИМТ). Антропометрические данные получали с помощью ростомера «Диакомс 19459» и механических весов «Твес ВМЭН-150-50/100-Д2-А».

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

Исследуемые лица женского пола, согласно принятой в науке классификации, соответствуют разным возрастным периодам взросления. Так, в 15 лет заканчивается подростковый период, в 16 лет у девушек начинается юношеский период, который длится до 20 лет, а с 21 года девушки считаются взрослыми [7].

Поскольку данные возрастные периоды являются усредненными, основанными на учете изменений множества признаков, они не могут в полной мере отражать изменения, характерные для конкретного признака, например, длины тела или же его массы. Исходя из этих соображений, авторы исследования решили попытаться создать различные группы отдельно для каждого признака для подсчета средних величин. Для этого, изначально были определены средние величины для каждого года. Следующим шагом явилась попытка сформировать собственные возрастные периоды в зависимости от наличия или отсутствия между соседними годами статистических различий. Таким образом, если бы статистических различий между различными годами по признаку не обнаруживалось, их бы объединяли и сравнивали со следующим годом. Если же различия были бы обнаружены, группы разных лет не объединялись, что привело бы к формированию собственных возрастных периодов для изменений массы, длины и индекса массы тела отдельно.

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

Полученные нами данные по всем исследуемым возрастам и признакам проходили проверку на принадлежность к нормальному распределению по критерию Колмогорова-Смирнова. Учитывая, что нормального распределения не было обнаружено, нами для нахождения статистических различий использовался непараметрический критерий Н критерий Краскела-Уоллеса и U критерий Манна-Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены собранные данные по длине тела, массе тела и индексу массы тела по всем исследуемым годам женского пола после статистической обработки.

Старостин В. Г. в своей работе указывает, что рост девушек 18–19 лет в Республике Саха составляет  $163,40 \pm 0,95$ , тогда как по Калужской области для этих же возрастов  $162,25 \pm 2,66$  для 18 лет и  $162,84 \pm 1,43$  для 19 лет соответственно [8]. Данное различие в длине тела незначительно.

**Таблица 1**  
Средняя арифметическая величина, среднеквадратичное отклонение с их ошибками у лиц женского пола с 15 лет до 21 года

Возраст, годы	Количество испытуемых (N)	Значение признака	
		M±m	δ±m
Длина тела, см			
15	31	165,03±0,97	5,41±0,97
16	82	164,16±0,71	6,41±0,71
17	14	162,07±1,89	7,08±1,89
18	4	162,25±2,66	5,31±2,66
19	19	162,84±1,43	6,26±1,43
20	15	163,80±1,43	5,54±1,43
21	17	165,24±0,90	3,70±0,90
Масса тела, кг			
15	31	60,52±2,72	15,17±2,72
16	82	58,26±1,27	11,52±1,27
17	14	59,29±3,18	11,91±3,18
18	4	55,00±2,31	4,62±2,31
19	16	53,19±1,93	7,74±1,93
20	20	57,75±1,68	7,50±1,68
21	18	60,39±2,47	10,47±2,47
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>			
15	31	22,21±0,94	5,23±0,94
16	82	21,63±0,44	4,03±0,44
17	14	22,46±0,95	3,56±0,95
18	5	21,49±0,69	1,54±0,69
19	23	20,69±0,49	2,34±0,49
20	24	22,58±0,85	4,16±0,85
21	25	21,79±0,65	3,25±0,65

*Примечание.* В данной и других таблицах показатели выражены в виде: M – средняя арифметическая величина, δ – среднее квадратичное отклонение, m – стандартная ошибка всех изученных показателей.

Казакова Г. Н. пишет о девушках 17–20 лет г. Красноярска, что «Габаритные размеры тела в обеих группах составили: в группе 1990 г. – длина тела  $163,45 \pm 0,86$  см., среднее значение массы тела  $65,50 \pm 1,43$  кг, в группе 2010 г., длина тела составила  $169,52 \pm 0,91$  см, масса тела  $63,02 \pm 1,46$  кг» [9]. По Калужской области, как видно по таблице 1, длина тела девушек оказалась несколько ниже, чем у соответствующих по возрасту девушек Красноярска как 1990 года обследования, так и 2010 года. Масса тела калужанок 2019–2021 года обследования, очевидно меньше, чем у девушек Красноярска 1990 и 2010 года обследования.

В связи с отсутствием статистически значимых отличий в средних величинах по изучаемым признакам при использовании каждого критерия, данные различных лет объединены и рассчитаны средние величины для возрастного периода 15 лет – 21 год, представленные в табл. 2.

Таблица 2

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

Возраст, годы	Значение признака	
	$M \pm m$	$\delta \pm m$
	Длина тела, см	
15–21	$163,92 \pm 0,443$	$6,02 \pm 0,443$
	Масса тела, кг	
15–21	$58,38 \pm 0,844$	$11,57 \pm 0,844$
	Индекс массы тела, $\text{кг}/\text{м}^2$	
15–21	$21,83 \pm 0,27$	$3,98 \pm 0,27$

По признакам длины и массы тела, как видно по табл. 2, получилась всего одна группа, включающая в себя возраст лиц женского пола от 15 лет до 21 года. Так как у женского пола длина и масса тела статистически находятся в одной группе возрастов, то, следовательно, индекс массы тела (ИМТ) также включает в себя одну группу возрастов.

Адзиева Х.А. пишет, что «...у девушек 17–19 и 20–22 лет длина тела продолжает увеличиваться до 22 лет, коэффициент наглядности (КН) прироста 1 %; Выявлен рост массы тела, КН = 4 %;...». Данный прирост статистически не является достоверным [10].

Кроме того, Забелина Л. Н. также указывает, что «Анализ длинотных показателей студенток свидетельствует, что все изучаемые показатели претерпевают изменения, но они недостоверны ( $p > 0,05$ , табл. 1) ...» [11].

К. Т. Тимошенко пишет о физическом развитии, что «...У студентов-юношей оно продолжается по всем основным показателям – длине и массе тела, обхвату груди, а у девушек – только по массе тела и обхвату груди. Длина тела у студенток-первокурсниц в возрасте 17 и 18 лет имеет одинаковые значения по статистическим параметрам и перцентильным характеристикам» [12].

Таким образом, девочки в 15 лет по длине и массе тела практически не отличаются от женщин, которым на момент исследования был 21 год, что может указывать либо на ранее созревание женского пола по данным признакам, либо же, что на то, что нынешние 15-летние подростки формируются рано и соответствуют женщинам 21 года данного времени обследования (2019–2021 годы). Однако, для утверждения того или иного варианта, необходимы отсутствующие сведения о длине и массе тела нынешних 21-летних женщин в их 15 лет. Следует заметить, что полученные результаты не соответствуют признанной классификации возрастных периодов в науке.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Очевидно, что используемый нами подход, наиболее емко отражает суть хронологии изменений данных признаков, в отличие от общих периодов, созданных для удобства возрастной периодизации, и не позволяющих в полной мере отражать скачки изменений отдельного признака.

При мониторинге здоровья и физического развития населения следует учитывать не только общие, стандартизированные значения особенностей населения с учётом региона, этноса, пола и возраста [13], необходимо также учитывать временной диапазон жизни того или иного поколения, а также дифференцировать возрастные периоды отдельно для каждого признака, руководствуясь его значениями по каждому году либо значениями периодов, определенных для каждого признака в отдельности. Однако для этого необходим длительный и масштабный мониторинг антропометрических показателей населения.

### **Список литературы**

1. Иванников А. И. Динамика и тенденции физического развития детей Воронежской области / Иванников А. И., Ситникова В. П., Пашков А. Н. // Вопросы современной педиатрии. – 2007. – 6 (2). – С. 24–28.
2. Калюжный Е. А. Антропометрический и физиологический статус современных учащихся / Е. А. Калюжный, А. М. Ромашкина, Т. Н. Астанакулов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4-2(106). – С. 58–61. – DOI 10.23670/IRJ.2021.106.4.035.
3. Мандриков В. Б. Соматотипологические и антропометрические особенности юношей допризывного возраста Волгоградского региона. / Мандриков В. Б., Краюшкин А. И., Прачук А. С. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2011. – 4 (40). – С. 98–101.
4. Блинова Е. Г. Результаты анализа антропометрических и биоимпедансометрических исследований у студентов города Омска / Е. Г. Блинова, И. С. Акимова, М. Г. Чеснокова, Л. В. Демакова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 543.
5. Ямпольская Ю. А. Физическое развитие и функциональные возможности подростков 15–17 лет, обучающихся в школе и профессиональном училище. / Ямпольская Ю. А. // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. – 2007. – 86 (5). – С. 69–72.
6. Агаева К. Ф. Современная характеристика антропометрических показателей студентов Азербайджанской государственной морской академии / К. Ф. Агаева, С. А. Гаджизаде // Общественное здоровье и здравоохранение. – 2016. – № 3(51). – С. 15–18.
7. Комиссарова Е. Н. Морфологические критерии возрастной гигиены / Е. Н. Комиссарова, П. В. Родичкин, Л. А. Сазонова // Учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 12.
8. Половой диморфизм в морфофункциональных показателях организма юношей и девушек русской национальности, проживающих в Республике Саха (Якутия) / В. Г. Старостин, Н. В. Никифоров, А. В. Гурьева [и др.] // Культура физическая и здоровье. – 2019. – № 1(69). – С. 144–146.

9. Казакова Г. Н. Анализ антропометрических показателей девушек 17–20 лет двух разных поколений / Г. Н. Казакова, О. Б. Веселов, З. К. Шведчикова // Инновационные технологии в физическом воспитании, спорте и физической реабилитации: Материалы III международной научно-практической конференции, Орехово-Зуево, 28–29 апреля 2017 года. – Орехово-Зуево: Государственный гуманитарно-технологический университет, 2017. – С. 129–133.
10. Адзиева Х. А. Лонгитудинальная изменчивость антропометрических показателей девушек 17–19 и 20–22 лет / Х. А. Адзиева, М. Ш. Джанибекова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2019. – Т. 9, № 9. – С. 392.
11. Забелина Л. Н. Анализ длинотных показателей девушек и юношей 17-20 лет, обучающихся в вузе технического профиля / Л. Н. Забелина // Современные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук: Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Брянск, 12 марта 2018 года / Под ред. С.А. Коньшаковой. – Брянск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный инженерно-технологический университет", 2018. – С. 340–343.
12. Антропометрические показатели студентов юношеского возраста на начальном этапе обучения в вузе / К. Т. Тимошенко, В. Н. Николенко, Т. Ш. Миннибаев [и др.] // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2016. – № 6(279). – С. 29–32.
13. Алексеева В. А. Антропометрические параметры девушек Якутии с позиции центильного анализа / В. А. Алексеева, А. Б. Гурьева // Образовательный вестник Сознание. – 2020. – Т. 22, № 11. – С. 70–73. – DOI 10.26787/nydha-2686-6846-2020-22-11-70-73.

## ANTHROPOMETRIC INDICATORS OF FEMALE PERSONS AGED 15–21, KALUGA

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

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

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

*E-mail: katran085@yandex.ru*

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

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

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

As a result of the study on the signs of body length, body weight and body mass index, only one group of subjects was obtained, including all the ages studied by us. This suggests that girls at the age of 15 have no statistical differences in length and body weight with women who were 21 years old at the time of the study. The coincidence of age periods according to different studied signs indicates a more uniform change in length and body weight in the female sex than in the male sex.

To understand whether, in general, the female sex is formed early according to the characteristics studied, or whether only the current female adolescents are formed early and correspond to women at the age of 21, you need to find out what the women studied were in their 15 years. It should be noted that the approach we use most succinctly reflects the essence of the chronology of changes in these characteristics, in contrast to the general periods created for the convenience of age periodization, and do not allow us to fully reflect the jumps in changes of a particular trait.

Therefore, when conducting anthropometric studies, it is not enough to take into account only the general, standardized values of the characteristics of the population, taking into account the region, ethnicity, gender and age [4]. It is also necessary to take into account the time range of a generation's life; differentiate the age periods separately for each trait, guided by its values for each year or the values of the periods defined for each trait separately. All this requires long-term and large-scale monitoring of anthropometric indicators of the population.

**Keywords:** female, girls, body length, body weight, body mass index.

### References

1. Ivannikov A. I., Sitnikova V. P., & Pashkov A. N. Dynamics and trends of physical development of children of the Voronezh region. *Issues of modern pediatrics*, **6(2)**, 24 (2007).
2. Kalyuzhny E. A. Anthropometric and physiological status of modern students. *International Scientific Research Journal*, **4-2(106)**, 58 (2021). DOI 10.23670/IRJ.2021.106.4.035.
3. Mandrikov V. B., Krayushkin A. I., & Prachuk A. S. Somatotypological and anthropometric features of young men of pre-conscription age in the Volgograd region. *Bulletin of the Volgograd State Medical University*, **4(40)**, 9. (2011).
4. Blinova E. G., Akimov I. S., Chesnokova M. G., Demakova L. V. The results of the analysis of anthropometric and bioimpedance studies in students of the city of Omsk. *Modern problems of science and education*, **(3)**, 543 (2014).
5. Yampolskaya Yu. A. Physical development and functional capabilities of adolescents aged 15–17 years studying at school and vocational school. *Pediatrics. G. N. Speransky Journal*, **86(5)**, 69 (2007).
6. Agayeva K. F., Hajizade S. A. Modern characteristics of anthropometric indicators of students of the Azerbaijan State Maritime Academy. *Public health and healthcare*, **3(51)**, 15 (2016).
7. Komissarova E. N., Rodichkin P. V., Sazonova L. A. Morphological criteria of age hygiene. (St. Petersburg, 2014) p. 12.
8. Starostin V. G., Nikiforov N. V., Guryeva A.V., Krivoschapkin P. I., Nikitin S. N. Sexual dimorphism in morphofunctional indicators of the organism of young men and girls of Russian nationality living in the Republic of Sakha (Yakutia). *Physical culture and health*, **1(69)**, 144 (2019).
9. Kazakova G. N., Veselov O. B., Shvedchikova Z. K. Analysis of anthropometric indicators of girls aged 17–20 years of two different generations. *Innovative technologies in physical education, sports and physical rehabilitation*, **(3)**, 129 (2017).
10. Adzieva H. A., Dzhanibekova M. S. Longitudinal variability of anthropometric indicators of girls 17–19 and 20–22 years old. *Bulletin of medical Internet conferences*, **9(9)**, 392 (2019).
11. Zabelina L. N. Analysis of the length indicators of girls and boys aged 17–20 years studying at a technical university. *Modern trends in the development of fundamental and applied sciences*, 340 (2018).
12. Timoshenko K. T., Nikolenko V. N., Minnibayev T. S., Nikityuk D. B., Klochkova S. V. Anthropometric indicators of youth students at the initial stage of study at the university. *Population health and habitat*, **6(279)**, 29 (2016).
13. Alekseeva V. A., Guryeva A. B. Anthropometric parameters of girls of Yakutia from the position of centile analysis. *Educational bulletin Consciousness*, **22(11)**, 70 (2020). DOI 10.26787/nydha-2686-6846-2020-22-11-70-73.

УДК 577.344.3:57.084.1:586.1:582.263

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-119-130

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ, БЕЛКОВЫЙ И ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ХЛОРЕЛЛЫ

Князева О. Е.<sup>1</sup>, Сосновский Е. С.<sup>2</sup>, Моисеева И. Я.<sup>2</sup>, Кузнецова А. В.<sup>2</sup>,  
Полубояринов П. А.<sup>2</sup>, Семенова Е. Ф.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия

<sup>2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

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

E-mail: sef1957@mail.ru

Исследована динамика роста штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111, изменения белкового и пигментного состава культуры в зависимости от спектральных характеристик источника освещения в биореакторе. При освещении длинноволновым красным светом отмечен максимальный прирост биомассы (в 5–7 раз) и накопление хлорофилла *a* – основного пигмента фотосинтеза. Выращивание хлореллы при синем свете вызывало наибольшее накопление клеточного белка, в основном, за счет увеличения фракции глутелинов. Спектральный состав света влиял на содержание как хлорофиллов, так и каротиноидов. Содержание хлорофилла *a* незначительно повышалось при действии красного света по сравнению с синим и снижалось почти в 2 раза при выращивании в условиях освещения светодиодами (красный + синий, 1:1) и фиолетовыми "полного спектра". Сделан вывод о том, что использование и преобразование хлореллой света является интегральным процессом, который характеризуется совокупностью эффектов. Результаты исследования имеют важное значение для обоснования и реализации концепции эффективного биотехнологического производства биомассы хлореллы.

**Ключевые слова:** хлорелла, фотобиореактор, светодиод, каротины, ксантофиллы, хлорофилл, пигменты, белки.

### ВВЕДЕНИЕ

Микроводоросли – быстрорастущие организмы, источник различных соединений для пищевой и фармацевтической промышленности, имеющие выдающийся потенциал в отношении новых биологически активных веществ [1]. Хлорелла является фотоавтотрофной культурой, свет необходим для ее жизнедеятельности, а продукция метаболитов зависит от характеристик источника света [2], следовательно, решающее значение для оптимального культивирования имеет создание фотобиореактора, разработка энергосберегающей технологии процесса [3].

Существует два способа культивирования микроводорослей – открытые системы и закрытые управляемые фотобиореакторы [4]. В фотобиореакторах, в

отличие от открытых водоемов, перемешивание, однородность среды и освещение могут быть более контролируемы, так что достигается большее накопление биомассы. Важное значение для контролируемого процесса имеет световой режим – спектральный состав света, уровень и продолжительность освещенности. Перспективным источником излучения в настоящее время являются светодиоды. Они позволяют получать практически любой спектральный состав за счет комбинации светодиодов различных цветов. Следует отметить и другие преимущества светодиодов – малая мощность (низкое энергопотребление), высокая светоотдача и направленность.

Биотехнологи исследовали параметры массового производства микроводорослей – различные типы фотобиореакторов и режимы освещения [5]. Wang et al. исследовали влияние различных светодиодов на скорость роста *Spirulina platensis* и обнаружили наибольший прирост биомассы при освещении красным светодиодом и меньший при освещении синим светом [6]. Низкую эффективность синего света связывали с тем, что полосы поглощения хлорофилла обычно расположены вне синих длин волн. Yongjun Zhao исследовал влияние различных длин волн светодиодного света на выработку биогаза хлореллой и также обнаружил, что красный свет оптимален для роста хлореллы и накопления биогаза [7]. Впоследствии было показано, что накопление хлорофилла в среде культивирования *Chlorella* больше при освещении красными светодиодами, в то время как продуктивность в отношении выработки биомассы и удельной скорости роста выше при освещении белым светом. Авторы рекомендовали красные светодиоды (с низким энергопотреблением) для стимулирования фотосинтеза хлореллы, а белые – для увеличения производства биомассы в течение более длительного времени [8].

Микроводоросли, как все зеленые растения, содержат фотосинтезирующие пигменты, главная функция которых – поглощение световой энергии. Пигменты в клетках находятся в комплексе с белками, образуя так называемые пигмент-белковые комплексы, локализованные в тиллакоидах, которые расположены в хлоропластах клеток [9]. Учет режима освещения, адаптация условий культивирования к конкретным требованиям биообъекта имеет важное значение для разработки контролируемого биотехнологического процесса культивирования водорослей [10].

Уникальные технологические преимущества светодиодов (малый размер, экономичность, узкий спектральный диапазон) открывают широкие перспективы их использования. Однако влияние монохроматического света на рост и метаболизм водоросли хлореллы изучены недостаточно.

Целью работы было исследовать динамику роста и изменения белкового и пигментного состава в зависимости от спектральных характеристик источника освещения. Интерес представляло проследить возможную адаптивную роль фотосинтетических пигментов – хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов и ксантофиллов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали планктонный штамм одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111. Растворы для питательной среды готовились согласно ТУ [11].



Маточную культуру суспензии хлореллы вносили в термостатируемый биореактор объемом 6 л в количестве 20 % от объема ёмкости. Оставшийся объем заполняли питательной средой. Хлореллу культивировали в течение 5–6 суток при различных вариантах освещения (рис. 1, табл. 1). Культивирование хлореллы проводили в фотобиореакторе в течение 3–4 последовательных циклов. Каждый цикл включал 10 ч освещения светодиодами и 14 ч темного периода.

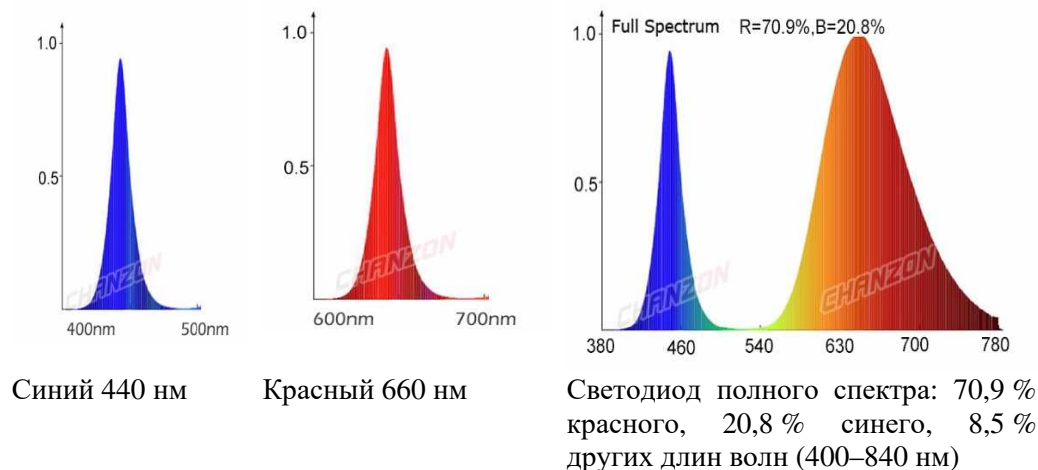


Рис. 1. Спектральные характеристики используемых светодиодов.

Таблица 1

**Варианты освещения при выращивании хлореллы**

№ варианта	Светодиоды (LED)	Длина волны, нм	Ширина спектра, нм	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Мощность, Вт (Вт/л)
1	6 красных светодиодов 3GR-R	650–670	20	25–35	29,8–41,7	6 (1)
2	6 синих светодиодов	430–450	20	15–25	12,6–21	6 (1)
3	3 красных + 3 синих светодиодов					6 (1)
4	светодиод полного спектра (Full spectrum)	Параметры см. рис. 1		20–30	16,8–25,2	6 (1)

Для оценки накопления биомассы ежедневно проводили подсчет клеток в гемоцитометре и измеряли оптическую плотность на фотометре КФК-3-01 при 400 нм. Концентрацию суспензии хлореллы (N) в клетках на 1 мл рассчитывали по формуле  $N = kD$ , где N – количество клеток, k – коэффициент пропорциональности (1134000), D – оптическая плотность.

Биомассу отделяли от культуральной среды центрифугированием (5000 об/мин, 5 мин). Около 0,5 г (точная навеска) сырой биомассы хлореллы анализировали на содержание белков и пигментов. Дезинтеграцию клеточной оболочки хлореллы проводили механически (растирание с кварцевым песком). Пигменты экстрагировали смесью этанол-ацетон (3:1) (2\*5мл) и разделяли методом ТСХ. Остаток после экстракции пигментов анализировали на содержание белковых фракций [12] по методике Ермакова-Дурыниной [13]. Различными растворителями (ледяная вода, 5 % раствор  $K_2SO_4$ , 70 % этанол, 0,2 % NaOH) последовательно извлекали альбумины, глобулины, проламины и глютелины. Концентрацию белка в клетках хлореллы определяли по калибровочной кривой, метод Бредфорд [14].

Пигменты разделяли на пластинах Sorbfil (ТУ26-11-17-89) в системе петролейный эфир – этилацетат – изопропанол – хлороформ (7,5:1,8:0,7:0,5), объем нанесения – 100 мкл. Окрашенные фракции силикагеля, содержащие хлорофиллы *a* и *b*, каротины и ксантофилы, экстрагировали ацетоном (4 мл), центрифугировали и анализировали спектрофотометрически. Концентрацию пигментов рассчитывали с учетом удельных коэффициентов поглощения  $E(450)$  (каротина) = 236,  $E(445)$  (ксантофила) = 215,  $E(662)$  (хлорофилла *a*) = 104,5,  $E(644)$  (хлорофилла *b*) = 47,7 [15].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Микроводоросли – фотоавтотрофные организмы, способные утилизировать световую энергию, аккумулировать органические и неорганические соединения. На первом этапе исследований изучены процессы накопления биомассы в зависимости от режима освещения.

**Влияние спектрального состава освещения на рост биомассы хлореллы.** Так как для зеленых растений эффективность фотосинтеза зависит от длины волны падающего излучения, в основе выбора длин волн источников освещения зеленых растений лежит представление о важности двух полос – в синей (440 нм) и красной областях (660 нм) спектра [16], соответствующих максимумам поглощения каротиноидов и хлорофиллов, соответственно. Зеленый свет имеет низкую эффективность из-за высокого отражения его хлорофиллом.

Для определения накопления биомассы хлореллы в качестве стандартного метода использовали прямой подсчет клеток в камере Горяева и косвенный оптический метод (измерение поглощения при 400 нм на КФК). В общем, рост хлореллы согласуется со стандартной кривой роста периодической культуры микроорганизмов. Отмечаются лаг-фаза (привыкание), фаза роста и достижение стационарной фазы. Показано, что прирост оптической плотности согласуется с увеличением числа клеток. Данный метод более предпочтителен, так как не требует

долгих и утомительных операций и особенно удобен для оценки скорости роста, когда не требуются абсолютные значения концентрации клеток.

Обнаружено, что спектральный состав света оказывал влияние на процессы роста и развития хлореллы (рис. 2).

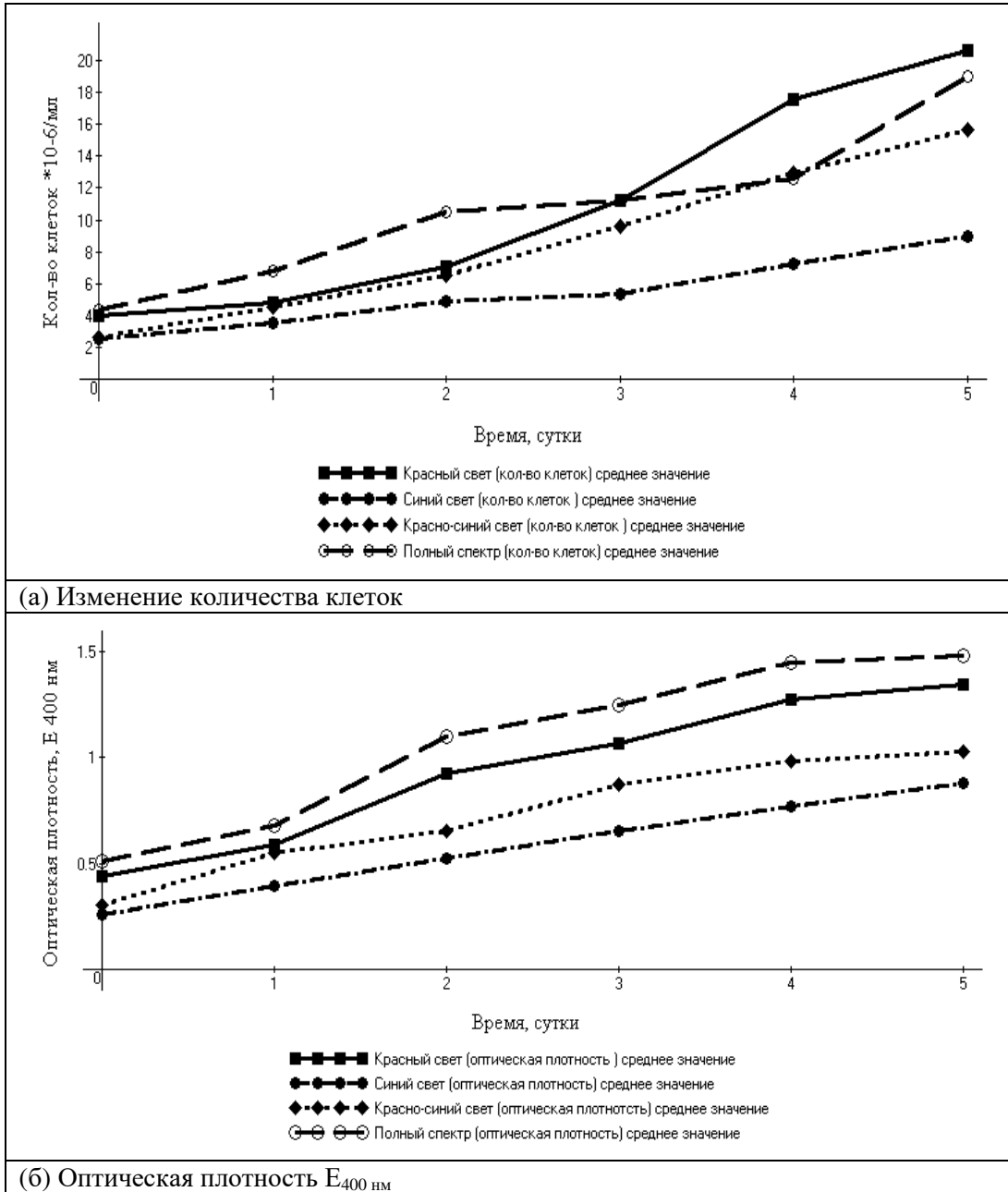


Рис. 2. Накопление биомассы хлореллы при различных вариантах освещения.

Так, наиболее активный рост биомассы с 5–7-кратным увеличением числа клеток (от 3-5 до  $25 \cdot 10^6$ ), наблюдался при освещении светодиодами красного света и «полного спектра – full spectrum». Полный спектр – это пурпурные LED с соотношением красного и синего света (70:20). Наименьшие темпы прироста биомассы наблюдали при освещении синим светом. Вероятно, с точки зрения количества фотонов, поглощаемых хлореллой в процессе культивирования, наиболее эффективным является красный свет (660 нм), что связано с большей активацией системы фитохромов при освещении с большей долей красного излучения относительно синего.

Таким образом, облучение красным светом (660 нм) явно оказывало стимулирующее действие на продукцию биомассы хлореллы. В связи с этим, интересным представлялось исследовать биохимические показатели микроводоросли – продукцию первичных и вторичных метаболитов (белков и пигментов).

**Влияние спектрального состава освещения на продукцию белка и соотношение белковых фракций.** Известно, что биомасса хлореллы – ценный источник белков, аминокислот, витаминов и пигментов. Биологическая ценность белков во многом зависит от состава и соотношения белковых фракций. Хлорелла – быстрорастущий организм с интенсивными процессами углеводного и азотистого обмена, поэтому анализ белкового состава хлореллы при различных условиях облучения представляет интерес как исследование механизмов устойчивости и адаптации.

Обнаружено, что наиболее активно накопление белка (до 23 % биомассы) происходит при освещении коротковолновым синим светом (рис. 3). При оптимальном для выращивания растений "полном спектре" продукция белка снижается до 6–7 %, что, вероятно, связано с активацией процессов роста, деления клеток, и как следствие, недостатком азота и изменением азотистого метаболизма.

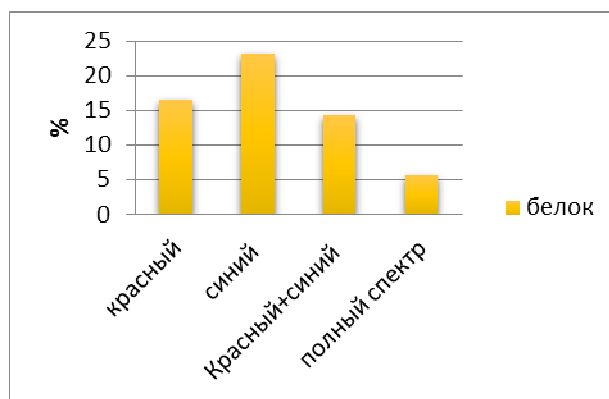


Рис. 3. Накопление белка в клетках хлореллы при различных вариантах светодиодного освещения.

По классификации Осборна, с различными модификациями [12] растительные белки разделяют по различной растворимости в воде, солевых и спиртовых

растворах. Обнаружено, что спектральный состав источников света влияет на соотношение белковых фракций хлорелла (табл. 2, рис. 4). Наибольшие изменения наблюдались в содержании глютениновой фракции белков, растворимых только в растворах щелочей (от 0,164 мг/мл при освещении светодиодами "полного спектра" до 0,665 мг/мл при синем свете с длиной волны 440 нм). Глютенины рассматриваются как гетерогенная смесь клеточных белков, полученных путем извлечения разбавленной щелочью остатка после удаления альбуминов, глобулинов, проламинов. Известно, что у стрессоустойчивых растений содержание глютенинов повышено [17].

**Таблица 2**  
**Состав белковых фракций хлореллы при различных вариантах освещения**

Фракции белков	Концентрация белка, мг/мл			
	Красные светодиоды (вариант 1)	Синие светодиоды (вариант 2)	Красные+синие светодиоды (вариант 3)	Светодиоды полного спектра (вариант 4)
Альбумины	0,147±0,007	0,122±0,005	0,148±0,009	0,057±0,009
Глобулины	0,068±0,003	0,053±0,002	0,083±0,008	0,016±0,004
Проламины	0,042±0,002	0,045±0,006	0,037±0,006	0,044±0,003
Глютенины	0,567±0,012	0,665±0,016	0,447±0,033	0,164±0,011
Сумма белковых фракций	0,824±0,025	0,884±0,028	0,714±0,051	0,279±0,020

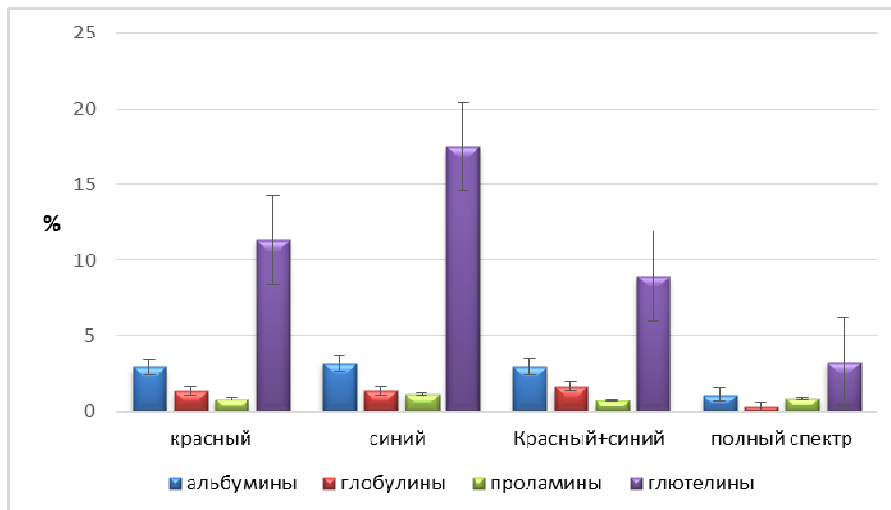


Рис. 4. Фракции белков хлореллы при различных вариантах освещения.

Практически не влиял спектральный состав освещения на содержание проламинов, спирторастворимых белков, отличающихся относительно малым содержанием ряда незаменимых аминокислот (особенно лизина и триптофана) и богатых пролином. Проламины – эволюционно молодые высокоспециализированные запасные белки растений, их накопление обычно активируется в процессе прорастания или адаптации.

Наиболее высокое биологическое значение (оптимальное соотношение незаменимых аминокислот) имеет водорастворимая альбуминовая фракция. Максимальное накопление альбуминов отмечено при освещении красными и сочетании красных и синих светодиодов (до 0,148 мг/мл). При освещении "полным спектром" содержание альбуминовой фракции количественно снижается до 0,057 мг/мл, однако, в процентном соотношении доля альбуминов оказывается выше, чем при освещении красным, синим светом и их комбинациями.

Таким образом, выращивание хлореллы с использованием синего освещения приводит к увеличению содержания общего белка. При освещении красным светом и оптимальным "полным спектром", т.е. в условиях, благоприятным для накопления биомассы содержание белка снижается, вероятно, вследствие отставания скорости процессов биосинтеза белка от интенсивности деления клеток.

**Влияние спектрального состава освещения на пигментные системы хлореллы.** Свет – важнейший источник энергии для хлореллы – зеленой микроводоросли. Представлялось интересным исследование влияния спектрального состава освещения на пигментный состав микроводоросли. Во всех фотосинтезирующих организмах первичное поглощение световой энергии происходит с участием светособирающих антенн (фотоантенн). Фотоантенны – сложные супрамолекулярные комплексы, состоящие из пигментов-хромофоров и окружающих их белков, выполняют светособирающую функцию, поглощают энергию квантов света, и передают ее в реакционный центр [18]. Реакционный центр – другой супрамолекулярный комплекс, в котором молекулы хлорофилла *a* участвуют в реакциях фотосинтеза с использованием энергии, полученной по антенне.

Обнаружено (табл. 3, рис. 5), что наибольшее количество хлорофилла *a* (до 2,5 мг/г биомассы) наблюдается при выращивании хлореллы при красном освещении, меньше – при синем освещении (2,1 мг/г), при полном спектре (0,95 мг/г) и минимальное – при биколорном освещении (0,84 мг/г).

Таблица 3

**Влияние спектрального состава освещения на пигментный состав хлореллы**

Содержание пигментов, мг/г	Спектральный состав освещения			
	Красный	Синий	Красный + синий	Полный
Каротин	0,35±0,01	0,176±0,003	0,078±0,0008	0,162±0,003
Ксантофилл	1,42±0,07	1,47±0,07	1,39±0,06	0,76±0,03
Хлорофилл <i>a</i>	2,40±0,16	2,1±0,1	0,84±0,03	0,95±0,04
Хлорофилл <i>b</i>	2,46±0,17	1,9±0,1	1,47±0,07	3,25±0,03

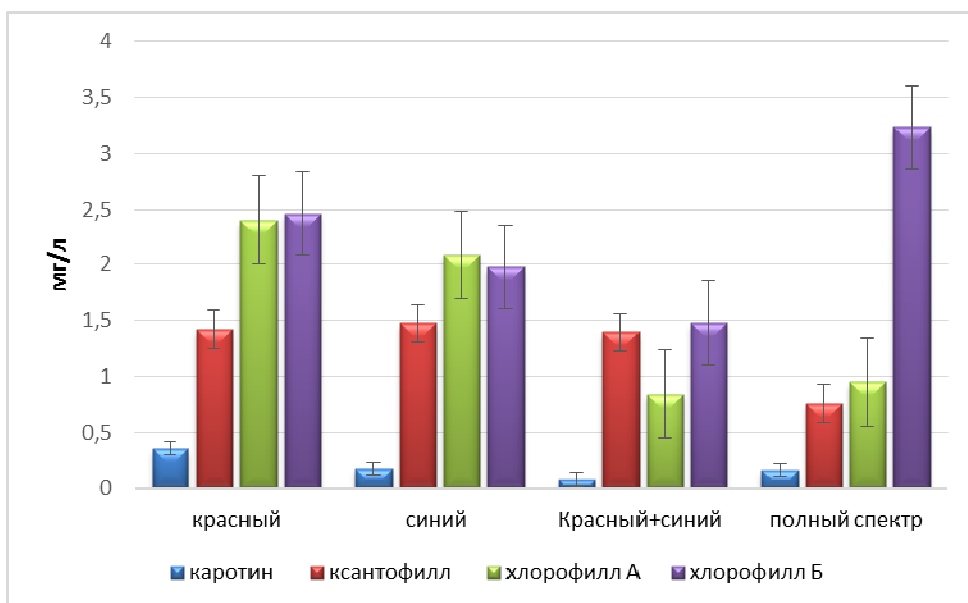


Рис. 5. Влияние различных вариантов освещения на накопление пигментов хлореллы.

Хлорофилл *a* – основной пигмент фотосинтеза, участвует в трансформации световой энергии в химическую. Остальные пигменты считаются вспомогательными, так как они лишь передают хлорофиллу поглощенную ими энергию и защищают клетку от избытка облучения и свободных радикалов [19]. Фенотипическую адаптацию фотосинтетического аппарата водорослей к изменению спектрального состава света называют хроматической адаптацией. Хроматическая адаптация предполагает изменение в соотношении вспомогательных пигментов (каротинов и ксантофилов), которое способствует более эффективному поглощению доступных квантов света.

В клетках хлореллы содержание ксантофилов практически не меняется при различных видах освещения (красный, синий свет: 1,42 и 1,47 мг/г, соответственно) и незначительно снижается при "полном спектре" (0,76 мг/г). Наибольшее количество каротинов в клетках хлореллы синтезируется при освещении красным светом (0,35 мг/г) и меньше – при синем (0,176 мг/г). Каротины имеют максимумы поглощения в области сине-фиолетовых длин волн (450 нм), т.е. происходят компенсирующие изменения в фототосистемах хлореллы. Такой тип адаптации можно считать инверсивной [20].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что спектральный состав света влияет на рост биомассы, белковый и пигментный состав микроводоросли *Chlorella vulgaris*.

2. Наибольший прирост биомассы и суммарное накопление пигментов наблюдался при освещении длинноволновым красным светом, продукция белка увеличивалась при выращивании хлореллы в условиях освещения синими светодиодами.
3. Вероятно, преобразование световой энергии в микроводорослях является интегральным процессом, включающим изменения в системах различных биохимических механизмов регуляции биосинтеза и адаптации.

### Список литературы

1. Barkia I. Microalgae for High-Value Products Towards Human Health and Nutrition / I. Barkia, N. Saari, S. R. Manning // *Mar. Drugs*. – 2019. – Vol.17. – P. 1–29.
2. Danesi E. D. G. Effect of reducing the light intensity on the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis* / E. D. G. Danesi, C. O. Rangel-Yagui, J. C. M. Carvalho, S. Sato // *Biomass Bioenergy*. – 2004. – Vol. 26, No. 4. – P. 329–335.
3. Полубояринов П. А. Оценка химического состава биомассы хлореллы, используемой в процессах естественной биологической очистки сточных вод / П. А. Полубояринов, С. Ю. Андреев, И. А. Гарькина, Г. П. Давыдов // *Региональная архитектура и строительство*. – 2014. – вып. 3. – С. 75–81.
4. Slade R. Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects / R. Slade, A. Bauen // *Biomass Bioenergy*. – 2013. – Vol. 53. – P. 29–38.
5. Delavari A. H. An integrated wavelength-shifting strategy for enhancement of microalgal growth rate in PMMA-and polycarbonate-based photobioreactors / A. H. Delavari, B. Nasernejad, R. Ranjbar, S. Rastegar // *Eur. J. Phycol.* – 2014. – Vol.49, No. 3. – P. 324–331.
6. Wang C. Y. Effects of using light-emitting diodes on the cultivation of *Spirulina platensis* / C. Y. Wang, C. C. Fu // *Biochem. Eng. J.* – 2007. – Vol. 37, No.1. – P. 21–25.
7. Zhao Y. Effects of various LED light wavelengths and intensities on microalgae-based simultaneous biogas upgrading and digestate nutrient reduction process / Y. Zhao, H. Z. Cheng, Y. Y. Zhang // *Biores. Technol.* – 2013. – Vol. 136. – P.461–468.
8. Khoobkar Z. Performance Assessment of a Novel Pyramid Photobioreactor for Cultivation of Microalgae Using External and Internal Light Sources / Z. Khoobkar, F. P. Shariati, A. A. Safekordi, H. D. Amrei // *Food Technol. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 57, No. 1. – P. 68–76.
9. Чурилова Т. Я. Глава 11. Пигменты микроводорослей / Т. Я. Чурилова, З. З. Финенко, А. И. Акимов // *Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования НАН Украины, Институт биологии южных морей*. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – С. 301–319.
10. Сосновский Е. С. Биореактор для выращивания хлореллы и исследования влияния облучения монохроматическим светом / Е. С. Сосновский, О. Е. Князева, А. В. Кузнецова, П. А. Полубояринов // *Образование и наука в современном мире. Инновации*. – 2022. – Т.2, вып. 39. – С. 60–66.
11. ТУ 9291-003-12001826-05. Техническая инструкция на производство суспензии хлореллы-альголизанта водоемов. Пенза. НУНИИ «Альгобиотехнологии». – 2005.
12. Osborne T. B. The chemistry of the protein-bodies of the wheat kernel. Part I. The protein soluble in alcohol and its glutaminic acid content / T. B. Osborne // *American Journal of Physiology*. – 1905. – Vol. 13. – P. 35–44.
13. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. Москва / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, О. А. Амелянчик [и др.] – изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
14. Bradford A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / Bradford, M. Marion // *Analytical biochemistry*. – 1976. – Vol. 72. – P. 248–254.
15. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по физиологии растений. / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина. – М.: Высшая школа, 1975. – 392 с.
16. Patent US № 6921182. 2005. // Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office / Jr Anderson, W. Grant, and L. S. Capen.



17. Сергеева К. А. Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. / К. А. Сергеева. – М. : Наука, 1971. – 176 с.
18. Light-Harvesting Antennas in Photosynthesis. Eds. B. R.Green, W. W. Parson. Kluwer, Dordrecht, 2003.
19. Jeffrey S. Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods / S. Jeffrey, R. Mantoura, S. Wright // ParisUNESCO Publishing Google Scholar. – 1997.
20. Tandeau de Marsac N. Adaptation of Cyanobacteria to environmental stimuli: new steps towards molecular mechanisms / N. Tandeau de Marsac, J. Houmard // FEMS Microbiol. Rev. – 1993. – Vol. 10. – P. 119–189.

## INVESTIGATION OF THE LED-LIGHT EFFECT ON THE BIOMASS ACCUMULATION, PROTEIN AND PIGMENT CONTENTS OF CHLORELLA

*Knyazeva O. E.<sup>1</sup>, Sosnovsky E. S.<sup>2</sup>, Moiseeva I. Ya.<sup>2</sup>, Kuznetsova A. V.<sup>2</sup>, Poluboyarinov P. A.<sup>2</sup>, Semenova E. F.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia*

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

<sup>3</sup>*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*

*E-mail: sef1957@mail.ru*

Microalgae are fast growing organisms with outstanding potential as for new bioactive substances as a food supplement and a source for pharmaceutical industries. As photosynthetic organisms, chlorella metabolic properties highly depend on the external environment and light characteristics. LEDs are the most promising light sources with narrow bands of wavelengths, small size and low power consumption. The aim of the study was to investigate the influences of light wavelength on chlorella microalgae growth, protein and pigment contents. It seemed interesting to study the adaptive role of photosynthetic pigments - chlorophylls *a* and *b*, carotenoids and xanthophylls.

*Materials and methods.* Chlorella microalgae (ИФР №С-11) were cultivated in photobioreactor in 3–4-cycles (10h illumination and 14 h dark phase). Light sources were red LEDs (660 nm), blue (440 nm), red+ blue (1:1) and full spectrum violet phyto-LEDs. Chlorella growth, protein and pigments contents were tested as a function of light regimes.

*Results.* Red light was determined as the optimal for Chlorella microalgae growth (5–7 fold) and chlorophyll *a* production. Chlorophyll *a* is very important in the energy phase of photosynthesis. Cultivation of chlorella with blue LED showed the greatest accumulation of cellular protein, due to an increase in the glutelins fraction. The spectral composition of light affects the content of both chlorophylls and carotenoids. The chlorophyll *a* content is slightly increased in red light compared to blue and almost doubled decreased in illumination with red + blue (1:1) LEDs and violet "full spectrum" LEDs. Overall the utilization and transformation of light by chlorella are complex processes with combination of effects. The results from this study are fundamental for realization of effective biotechnological production of chlorella biomass.

**Keywords:** chlorella, photobioreactor, LED, carotenes, xanthophylls, chlorophyll, pigments, proteins.

## References

1. Barkia I., Saari N., Manning S. R. Microalgae for High-Value Products Towards Human Health and Nutrition, *Mar. Drugs*, **17**, 1 (2019). pii: E304. doi: 10.3390/md17050304.
2. Danesi E. D. G., Rangel-Yagui C. O., Carvalho J. C. M., Sato S. Effect of reducing the light intensity on the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis*, *Biomass Bioenergy*, **26** (4), 329 (2004) doi:10.1016/S0961-9534(03)00127-2
3. Poluboyarinov P. A., Andreev S. Yu., Gar'kina I. A., Davydov G. P. Ocenka himicheskogo sostava biomassy hlorelly, ispol'zuemoj v processah estestvennoj biologicheskoy ochistki stochnyh vod, *Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo*, **3**, 75 (2014).
4. Slade R., Bauen A. Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects, *Biomass Bioenergy*, **53**, 29 (2013). 10.1016/j.biombioe.2012.12.019
5. Delavari A. H., Nasernejad B., Ranjbar R., Rastegar S. An integrated wavelength-shifting strategy for enhancement of microalgal growth rate in PMMA-and polycarbonate-based photobioreactors, *Eur. J. Phycol.*, **49** (3), 324 (2014). doi:10.1080/09670262.2014.919030
6. Wang C. Y., Fu C. C. Effects of using light-emitting diodes on the cultivation of *Spirulina platensis*, *Biochem. Eng. J.*, **37** (1), 21 (2007).
7. Zhao Y., Cheng H. Z., Zhang Y. Y. Effects of various LED light wavelengths and intensities on microalgae-based simultaneous biogas upgrading and digestate nutrient reduction process, *Biores. Technol.*, **136**, 461 (2013).
8. Khoobkar Z., Shariati F. P., Safekordi A. A., Amrei H. D. Performance Assessment of a Novel Pyramid Photobioreactor for Cultivation of Microalgae Using External and Internal Light Sources, *Food Technol. Biotechnol.* **57** (1), 68 (2019). doi: 10.17113/ftb.57.01.19.5702.
9. Churilova T. Ya. Glava 11. Pigmenty mikrovodoroslej, *Mikrovodorosli Chernogo morya: problemy sohraneniya bioraznoobraziya i biotekhnologicheskogo ispol'zovaniya* (EKOSI-Gidrofizika, Sevastopol, 2008), p. 301-319.
10. Sosnovskij E. S., Knyazeva O. E., Kuznecova A. V., Poluboyarinov P. A. Bioreaktor dlya vyrashchivaniya hlorelly i issledovaniya vliyaniya oblucheniya monohromaticheskim svetom, *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii*, **2** (39), 60 (2022).
11. TU 9291-003-12001826-05. *Tekhnicheskaya instrukciya na proizvodstvo suspenzii hlorelly-al'golizanta vodoemov*. (NUNII «Al'gobiotekhnologii», Penza, 2005).
12. Osborne T. B. The chemistry of the protein-bodies of the wheat kernel. Part I. The protein soluble in alcohol and its glutaminic acid content, *American Journal of Physiology*, **13**, 35 (1905).
13. Mineev V. G., Sychev V. G., Amel'yanchik O. A., Bolysheva T. N., Gomonova N. F., Durygina E. P., Egorov B. C., Egorova E. V., Edemskaya N. L., Karpova E. A., Prizhukova V. G. *Praktikum po agrohimii*. 689 p. (MGU, Moskva, 2001).
14. Bradford, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical biochemistry*, **72**, 248 (1976) doi:10.1006/abio.1976.9999. PMID 942051.
15. Gavrilenko V. F., Ladygina M. E., Handobina L. M. *Bol'shoj praktikum po fiziologii rastenij*, 392 p. (Vysshaya shkola, Moskva, 1975).
16. Anderson Jr, W. Grant, and L. S. Capen. Patent US № 6921182 (Patent and Trademark Office, Washington, 2005).
17. Sergeeva K. A. *Fiziologicheskie i biohimicheskie osnovy zimostojkosti drevesnyh rastenij*, 176 p. (Nauka, Moskva, 1971).
18. *Light-Harvesting Antennas in Photosynthesis*. Eds. B. R.Green, W. W. Parson (Kluwer, Dordrecht, 2003).
19. Jeffrey S., Mantoura R., Wright S. *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods* (UNESCO Publishing Google Scholar, Paris, 1997).
20. Tandeau de Marsac N., Houmard J. Adaptation of Cyanobacteria to environmental stimuli: new steps towards molecular mechanisms, *FEMS Microbiol. Rev.*, **10**, 119 (1993).

**УДК 159.922.5**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-131-142**

## **ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАЛЬЧИКОВ НОВОСИБИРСКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОМАТОТИПА**

*Козлова А. П., Суботялов М. А.*

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск,  
Россия  
E-mail: anna-gajdarova@yandex.ru*

Целью данной работы явился анализ психофизиологических показателей у лиц подросткового возраста мужского пола Новосибирска в зависимости от соматотипа. Приводятся данные исследования нейродинамических и психофизиологических показателей у мальчиков 13–14 лет (152 подростка, распределенные по соматотипам: микросоматический, мезосоматический и макросоматический). Изучали следующие психофизиологические показатели: механическая, смысловая память; объем и переключение внимания; работоспособность; личностная тревожность; самочувствие, активность, настроение (САН); стрессоустойчивость; мотивация достижений; уровень агрессии, враждебности; сенсомоторные реакции; уровень функциональной подвижности нервных процессов. По результатам исследования сформирован индивидуально-типологический психофизиологический «портрет» каждого соматотипа.

**Ключевые слова:** подростки, соматотип, индивидуально-типологический психофизиологический «портрет».

### **ВВЕДЕНИЕ**

В условиях существенного ухудшения состояния соматического и психического здоровья современных школьников, которое наблюдается на протяжении последнего времени, вопрос формирования оптимального уровня умственной трудоспособности, профилактики развития психоэмоциональных отклонений в состоянии здоровья во время обучения в школе приобретают особую актуальность.

Важную роль в эффективности процесса адаптации играет конституция человека, обеспечивающая специфику активности его функциональных систем в зависимости от влияний внешней и внутренней среды. В то же время исследования взаимозависимости психофизиологических особенностей организма индивида и его соматотипа носят фрагментарный характер, что не позволяет выработать единые теоретические и методологические подходы к повышению уровня адаптации человека в новых условиях жизнедеятельности [1].

Повышенная психоэмоциональная напряженность оказывает на организм учащихся не только физическое, но и психическое воздействие. Нейродинамические показатели и психофизиологическое состояние являются первым и чувствительным индикатором изменений, происходящих в организме, и существенно влияют на работу всех физиологических систем организма. Стабильная работоспособность и

внимание во многом помогают обучающимся эффективно овладевать информацией [2, 3].

Психофизиологические работы, посвящённые изучению сенсомоторной реакции, краткосрочной механической памяти и других параметров проводятся на протяжении многих десятков лет [4–6]. Однако остается актуальным вопрос индивидуально-типологических различий психофизиологических и нейродинамических особенностей организма.

Целью работы явился анализ нейродинамических и психофизиологических показателей у мальчиков 13–14 лет г. Новосибирска в зависимости от соматотипа.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 152 здоровых мальчика 13–14 лет, учащиеся СОШ № 82 г. Новосибирска (6–7 класс). На проведение исследования получено разрешение этического комитета Новосибирского государственного педагогического университета (№ 34 от 24.04.2019 г.). Для проведения обследования было получено информированное добровольное согласие.

Антропометрические показатели измеряли по унифицированным методикам [7]. Для определения физического развития использовали следующие показатели: длина тела (ДТ), масса тела (МТ), обхват грудной клетки (ОГК) с дальнейшей их оценкой по центильным таблицам и определением соматотипа по схеме И. И. Бахраха и Р. К. Дорохова с выделением микро- (Ми), мезо- (Ме) и макросоматического (Ма) типов [8]. Данный метод определения соматотипа был выбран в связи с тем, что он является наиболее адекватным для изучаемого этапа онтогенеза [9].

Изучали следующие психофизиологические показатели:

1. Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР) на световой раздражитель проводилась в режиме определения реакции правой руки на каждый с регистрацией среднего значения латентного периода ПЗМР при предъявлении 30 однородных раздражителей, а также другие статические характеристики вариационного ряда.

2. Сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР) осуществлялась с выбором двух из трех предъявляемых сигналов (цветовых) и проводилась в режиме определения реакций правой и левой рук на определенный раздражитель.

3. Определение уровня функциональной подвижности нервных процессов (УФП НП) проводилось при работе установки в режиме «обратной связи», когда длительность экспозиции тестирующего сигнала изменяется автоматически в зависимости от характера ответных реакций испытуемого.

4. Объем механической памяти (запоминание чисел). Испытуемому предъявлялось для запоминания 10 двузначных чисел. Затем он должен был воспроизвести их в любом порядке. Регистрировалось количество правильно воспроизведенных чисел.

5. Объем смысловой памяти (запоминание связанных по смыслу слов).

6. Объем внимания (запоминание и воспроизведение местоположения знаков)

7. Переключение внимания (по таблице Шульте).

Уровень личностной тревожности оценивался по тесту Ч. Д. Спилбергера, Ю. Л. Ханина. Психофункциональное состояние изучали при помощи методики «САН». Изучение уровня мотивации школьников проводилось по шкале оценки потребности в достижении (Т. Элерс). Определялся также уровень деструктивных тенденций при помощи опросника Басса-Дарки, дифференцирующего проявления агрессии и враждебности. Умственную работоспособность оценивали по таблице Анфимова.

Отбор обследуемых проводили сплошной выборкой среди здоровых мальчиков после получения согласия на участие в исследовании. Статистическая обработка данных включала вычисление среднеарифметического значения, его ошибки. О значимости различий судили по величине t-критерия Стьюдента и считали их значимыми при  $p \leq 0,05$ . Нормальное распределение подтверждали правилом трёх сигм.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее нами был проведен сравнительный анализ морфологических параметров у мальчиков в зависимости от соматотипа (табл. 1) [10]. Согласно полученным данным, 34 % обследуемых относились к микросоматическому типу, 46 % – к мезосоматическому типу, 20 % – к макросоматическому типу.

**Таблица 1**

**Морфологические особенности мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа (n = 152)**

Показатели	Микросоматический тип (n = 52, 34 %)	Мезосоматический тип (n = 70, 46 %)	Макросоматический тип (n = 30, 20 %)	Достоверность
Длина тела, см	153,7±1,3	159,3±0,8	161,8±1,1	Ми-Ме**, Ми-Ма***
Масса тела, кг	40,2±0,9	49,5±1,0	57,1±1,3	Ми-Ме***, Ми-Ма***, Ми-Ме***
Обхват грудной клетки, см	70,4±0,5	75,9±0,5	82,3±1,0	Ми-Ме***, Ми-Ма***, Ми-Ме***

*Примечание:* \* – различия значимы при  $p \leq 0,05$ ; \*\* – различия значимы при  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* – при  $p \leq 0,001$

На следующем этапе работы были оценены нейродинамические показатели мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа (табл. 3).

Время простой сенсомоторной реакции является адекватным показателем функционального состояния нервной системы, а также интегральным показателем скорости проведения возбуждения по различным элементам рефлекторной дуги [11].

### **Изучение сенсомоторных реакций в зависимости от соматотипа**

Изучение простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) позволило установить, что мальчики микросоматического типа превосходили сверстников других соматотипов по скорости реагирования на зрительный раздражитель, что свидетельствует о более высокой скорости проведения возбуждения по рефлекторной дуге. Данный показатель статистически значимо уменьшался в ряду «Ми-Ме-Ма». Следует отметить, что по количеству ошибок мальчики мезо- и макросоматического типа допускали достоверно меньше ошибок, что свидетельствует о более высоком качестве выполняемой работы во время реагирования на зрительный раздражитель по сравнению с обследуемыми микросоматического типа. В ряду «Ми-Ме-Ма» у мальчиков наблюдалось достоверное снижение показателя ошибки средней экспозиции при выполнении ПЗМР, что свидетельствует о более стабильной реакции центральной нервной системы мальчиков макросоматического типа (табл. 2). При изучении простой слухо-моторной реакции (ПСМР) была выявлена сходная тенденция.

Основным критерием силы нервных процессов принято считать работоспособность ЦНС, выражающуюся в способности выдерживать длительное и концентрированное возбуждение или действие очень сильного раздражителя, которые не переходят в состояние запредельного торможения [12]. Использование сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР) в качестве характеристики силы и лабильности нервных процессов в результате смены цветового сигнального значения позволило выявить особенности протекания нервных процессов и оценить скорость выполнения рефлекторных реакций. СЗМР подтверждает результаты простых сенсорно-моторных реакций: тенденция сохраняется, но с более выраженной характеристикой у мальчиков макросоматического типа.

Было показано, что при усложнении задания при выполнении СЗМР у мальчиков макросоматического типа скорость реакции была статистически значимо ниже по сравнению с представителями микросоматического типа. Следует отметить, что количество ошибок и ошибка средней у обследуемых макросоматического типа были статистически значимо меньше по сравнению с другими соматотипами, что свидетельствует о более высокой стабильности реагирования и большей стрессоустойчивости.

При характеристике свойств нервных процессов важное значение имеет функциональная подвижность, отражающая динамику корковых процессов, скорость переработки информации и эффективность интегративной деятельности мозга. Данный показатель характеризует для конкретного индивида уровень выполнения работы (продуктивность), предусматривающий не только положительную реакцию на предъявляемый стимул, но и быструю поочередную смену возбудительного и тормозного процессов. Этот показатель имеет прямое отношение к условно-рефлекторной, поведенческой деятельности, определяет такую интегральную характеристику мозга, как скорость центральной обработки информации и скоростные параметры процесса принятия решения, что является одним из основных факторов успешности практически любой деятельности [12–14].

Таблица 2  
Нейродинамические параметры мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа (n = 152)

Показатели	Микросоматический тип (n = 52, 34 %)	Мезосоматический тип (n = 70, 46 %)	Макросоматический тип (n = 30, 20 %)	Достоверность
<i>Простая зрительно-моторная реакция</i>				
Среднее время реакции, мс	277,3±4,5	289,4±3,5	301,9±5,1	Ми-Ме*, Ми-Ма**, Ме-Ма*
Количество ошибок	0,5±0,14	0,2±0,06	0,2±0,07	Ми-Ме*
Ошибка средней, мс	17,2±1,0	14,5±0,9	11,8±1,0	Ми-Ме*, Ми-Ма**, Ме-Ма*
<i>Простая слухо-моторная реакция</i>				
Среднее время реакции (мс)	261,4±4,7	275,0±4,9	289,2±4,5	Ми-Ме*, Ми-Ма***, Ме-Ма*
Количество ошибок	0,98±0,1	0,75±0,1	0,58±0,1	Ми-Ма*
Ошибка средней, мс	18,2±1,5	15,5±1,5	11,5±1,3	Ми-Ме*, Ми-Ма** Ме-Ма*
<i>Сложная зрительно-моторная реакция</i>				
Среднее время реакции, мс	476,9±9,0	498,3±14,8	509,1±8,3	Ми-Ма*
Количество ошибок	12,5±0,4	11,7±0,3	10,9±0,2	Ме-Ма*, Ми-Ма**
Ошибка средней, мс	50,4±3,9	49,1±2,3	35,1±2,3	Ми-Ма**, Ме-Ма***
<i>Уровень функциональной подвижности нервных процессов</i>				
Время выхода на минимальную экспозицию (сек)	28,5±2,7	24,2±2,0	35,0±3,2	Ме-Ма**
Среднее время реакции (правая рука), мс	334,5±6,4	344,3±5,1	326,3±7,3	Ме-Ма*
Количество ошибок % (правая рука)	7,1±1,0	10,1±1,0	8,0±1,1	Ми-Ме*

Примечание: \* – различия значимы при  $p \leq 0,05$ ; \*\* – различия значимы при  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* – при  $p \leq 0,001$

Определение уровня функциональной подвижности основных нервных процессов проводилось в режиме навязанного ритма, что, по определению В. И. Гусельникова (1976), заключается «...в изменении спонтанной активности коры мозга, в результате чего активность коры мозга приобретает ритмический характер с частотой либо равной, либо в целое число большей или меньшей, чем частота ритмических зрительных (световых) раздражений». Изучение у человека становления данной реакции в онтогенезе показывает, что «...характер реакции усвоения ритма на каждом этапе развития определяется взаимодействием возбуждения, поступающего в кору по специфическому и неспецифическому каналам передачи афферентного сигнала, и способностью воспринимающего аппарата коры реагировать на приходящую импульсацию» [15, 16].

Было показано, что у мальчиков мезосоматического типа установлена более быстрая генерация процессов возбуждения в центральной нервной системе, о чем свидетельствует лучшее время выхода на минимальную экспозицию по сравнению с обследуемыми макросоматического типа. Время выхода на минимальную экспозицию демонстрирует период вработываемости или время вхождения в ритм при выполнении задания [14]. Мальчики мезосоматического типа быстрее вработывались, быстро истощались и допускали большее число ошибок по сравнению с другими группами.

На следующем этапе работы представлялось важным проанализировать психофизиологические параметры мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа (табл. 3). Минимальный объем механической и смысловой памяти выявлен у мальчиков макросоматического типа. При выполнении теста на переключение внимания лучший показатель был выявлен у мальчиков мезосоматического типа по сравнению с другими соматотипами.

Умственная работоспособность обучающихся является одним из основных критериев адаптации к психической нагрузке и показателем сопротивляемости организма к утомлению. Коэффициент подвижности нервных процессов – максимальный у мальчиков макросоматического типа, средний – у представителей микро- и мезосоматического типа.

На следующем этапе были проанализированы эмоциональные параметры мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа.

Личностная тревожность – это базовая черта личности, которая формируется на протяжении всей жизни. Она характеризует относительно устойчивую для человека склонность воспринимать большой круг ситуаций как угрожающее его «Я» и реагировать на них состоянием тревоги, испытывать в большинстве ситуаций опасения, страх. Личностная тревожность проявляется в типичной, ситуационно устойчивой реакции человека, выраженной в состоянии повышенного беспокойства на угрожающую его личности или кажущуюся таковой ситуацией. Высокая личностная тревожность коррелирует с наличием неврозов и психосоматическими заболеваниями [17]. Анализ показал, что мальчики всех соматотипов находились в зоне умеренной личностной тревожности. При этом у мальчиков мезосоматического типа данный показатель был статистически значимо ниже, чем у других типов.



**Таблица 3**  
**Психофизиологические параметры мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа (n = 152)**

Показатели	Микросоматический тип (n = 52, 34 %)	Мезосоматический тип (n = 70, 46 %)	Макросоматический тип (n = 30, 20 %)	Достоверность
<i>Когнитивные показатели</i>				
Механическая память (баллы)	5,2±0,2	5,3±0,2	4,7±0,2	Ме-Ма*
Смысловая память (баллы)	5,8±0,2	6,1±0,2	5,3±0,3	Ме-Ма*
Объем внимания (баллы)	4,5±0,2	4,9±0,2	4,1±0,3	Ме-Ма*
Переключение внимания (сек)	51,0±2,1	45,8±1,5	51,7±2,5	Ми-Ме*, Ме-Ма*
К (коэффициент подвижности нервных процессов)	1,6±0,02	1,6±0,02	1,7±0,03	Ми-Ма*, Ме-Ма*
<i>Показатели эмоционального статуса</i>				
Личностная тревожность, баллы	37,3±0,7	35,6±0,4	37,2±0,6	Ми-Ме*, Ме-Ма*
Самочувствие, баллы	5,1±0,1	5,2±0,1	5,8±0,1	Ми-Ма**, Ме-Ма**
Активность, баллы	3,6±0,1	3,6±0,1	3,7±0,2	
Настроение, баллы	5,4±0,1	5,5±0,1	5,9±0,1	Ми-Ма**, Ме-Ма*
Стрессоустойчивость, баллы	37,7±0,5	36,4±0,7	34,9±0,8	Ми-Ма*
Мотивация достижения, баллы	11,4±0,1	10,5±0,1	9,4±0,4	Ми-Ме***, Ми-Ма**, Ме-Ма*
Агрессия (по Басса-Дарки), баллы	20,3±0,4	18,2±0,7	19,4±1,3	Ми-Ме*
Враждебность (по Басса-Дарки), баллы	9,9±0,6	13,1±0,9	12,2±0,9	Ми-Ме*, Ми-Ма*

*Примечание:* \* – различия значимы при  $p \leq 0,05$ ; \*\* – различия значимы при  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* – при  $p \leq 0,001$

Анализ результатов «САН» показал, что у мальчиков макросоматического типа состояние самочувствия и настроения было статистически значимо выше по сравнению с другими соматотипами. Различий в активности между исследуемыми группами не установлено.

Важнейшим компонентом психического здоровья личности является стрессоустойчивость – способность противостоять стрессу, самостоятельно преодолевать проблемы, возникающие на пути ее духовного роста и физического самосовершенствования. В этой связи выявление особенностей стрессоустойчивости у подростков является важным условием сохранения психического здоровья [18]. Было показано, что у мальчиков микросоматического типа данный показатель статистически значимо был выше, чем у сверстников макросоматического типа. Достоверных различий между остальными группами не выявлено.

Опросник Т. Элерса используется для диагностики мотивационной направленности личности на достижение успеха. При диагностике личности на выявление мотивации к успеху Т. Элерс опирался на следующее положение: личность, у которой преобладает мотивация к успеху, предпочитает средний или низкий уровень риска. Ей свойственно избегать высокого риска. При сильной мотивации к успеху надежды на успех обычно скромнее, чем при слабой мотивации к успеху, однако такие люди много работают для достижения успеха, стремятся к успеху [19]. Полученные результаты показывают, что данный показатель снижался в ряду Ми-Ме-Ма.

Изучая результаты опросника Басса-Дарки, было показано, что у мальчиков мезосоматического типа уровень враждебности был статистически значимо выше по сравнению с другими соматотипами.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате исследования выявлены значимые психофизиологические различия у мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа, что дало возможность сформировать индивидуально-типологический «портрет», позволяющий охарактеризовать особенности психологического статуса представителей каждого типа. Полученные данные могут быть использованы в прикладных профессиональных сферах: профориентация, спортивный отбор, психолого-педагогическая и лечебно-профилактическая деятельность (табл. 4).

Таблица 4

Индивидуально-типологический психофизиологический «портрет» мальчиков 13–14 лет в зависимости от соматотипа

Показатель	Соматотип		
	Микросоматический тип	Мезосоматический тип	Макросоматический тип
Психофизиологический статус	Высокий уровень реактивности организма	Средний уровень реактивности организма	Низкий уровень реактивности организма
	Максимальный объем памяти	Максимальный объем памяти	Минимальный объем памяти
	Низкий уровень переключения внимания	Высокий уровень переключения внимания	Низкий уровень переключения внимания
	Средняя подвижность нервных процессов	Средняя подвижность нервных процессов	Максимальная подвижность нервных процессов
Эмоциональный статус	Высокая мотивация достижения	Средняя мотивация достижения	Низкая мотивация достижения
		Низкий уровень личностной тревожности	Высокий уровень самочувствия и настроения
	Высокий уровень стрессоустойчивости и агрессии	Высокий уровень враждебности	

Список литературы

1. Клиорин А. И. Соматотипы и парадигма индивидуальных конституций. Развитие учения о конституциях человека в России во второй половине XX столетия / А. И. Клиорин // Физиологический журнал им. Сеченова. – 1996. – Т.82, № 3. – С. 151–165.
2. Байгужин П. А. Оптимизация оценки показателей сенсомоторной реакции – предикторов функционального состояния центральной нервной системы / П. А. Байгужин // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – С. 252.
3. Бикулова А. А. Изучение психофизиологических особенностей студентов-экологов в процессе учебной деятельности / А. А. Бикулова // Психология. Социология. Педагогика. – 2012. – № 1-1 (14). – С. 04–05.

4. Каменская В. Г. Специфика проявления функциональных состояний в детско-подростковом возрасте / В. Г. Каменская, А. О. Афаунова // Вестник психофизиологии. – 2018. – № 3. – С. 86–91.
5. Завьялова Я. Л. Возрастные и гендерные особенности внимания и памяти подростков, обучающихся в 7 и 9 классах / Я. Л. Завьялова, Е. Н. Боровец // Вестник психофизиологии. – 2020. – № 3. – С. 165–167.
6. Татьяна Е. В. Физиологическая адаптация и психосоматическое развитие школьников в современных условиях образовательного пространства / Е. В. Татьяна // Вестник психофизиологии. – 2020. – № 2. – С. 49–56.
7. Ставицкая А. Б. Методика исследования физического развития детей и подростков / А. Б. Ставицкая, Д. И. Арон. – М.: Медгиз, 1959. – 250 с.
8. Хрущев С. В. Детская спортивная медицина: руководство для врачей: 2-е изд., перераб. и доп. / С. В. Хрущев, С. Б. Тихнинский. – М.: Медицина, 1991. – 560 с.
9. Рубанович В. Б. Морфофункциональное развитие детей и подростков разных конституциональных типов в зависимости от двигательной активности : автореф. дисс. ... д-ра. мед. наук. – Томск, 2004. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15801770>. Дата обращения: 28.01.2023.
10. Козлова А. П. Морфофункциональные особенности мальчиков в зависимости от соматотипа / А. П. Козлова, М. А. Суботялов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7 (73), № 1. – С. 75–82.
11. Суботялов М. А. Морфофункциональные и психофизиологические особенности подростков и юношей различных конституциональных типов: дисс. ... канд. биол. наук. – Томск, 2002. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19173678>. Дата обращения: 28.01.2023.
12. Михайлова Л.А. Особенности нейродинамических процессов у студентов с различным типом работоспособности нервной системы / Л.А. Михайлова, С.Н. Орлова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 8.
13. Головин М.С. Влияние однократной и продолжительной аудиовизуальной стимуляции на организм студентов, занимающихся спортом: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. / Головин М.С. – Томск, 2016. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30434979>. Дата обращения: 28.01.2023.
14. Голубева Э. А. Реакция навязывания ритма как метод исследования в дифференциальной психофизиологии / Э. А. Голубева // Проблемы дифференциальной психофизиологии. – 1972. – Т. 7. – С. 7–24.
15. Пирумова И. В. Морфофункциональные и психофизиологические особенности подростков 12-15 лет в условиях традиционного и раздельного по полу обучения : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. / Пирумова И. В. – Челябинск, 2010. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19228936>. Дата обращения: 28.01.2023.
16. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга / В. И. Гусельников. – М.: 1976. – 423 с.
17. Антонышева О. В. Профиль личности, тревожные и депрессивные расстройства у больных артериальной гипертензией / О. В. Антонышева, В. И. Козловский // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2010. – Т. 9, № 2. – С. 49–54.
18. Тихомирова Т. С. Современные подходы к сохранению и укреплению здоровья школьников / Т. С. Тихомирова // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2013. – № 1. – С. 41–46.
19. Шкуратова А. П. Исследование мотивации достижения в учебном процессе / А. П. Шкуратова // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2014. – № 02 (105). – С. 47–52.

## PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NOVOSIBIRSK BOYS DEPENDING ON SOMATOTYPE

*Kozlova A. P., Subotyalov M. A.*

*FSBEI of HE "Novosibirsk state pedagogical University", Novosibirsk, Russia  
E-mail: anna-gajdarova@yandex.ru*

*Relevance.* In the conditions of a significant deterioration in the state of somatic and mental health of modern schoolchildren, which has been observed for the last time, the issue of forming an optimal level of mental capacity, prevention of the development of psychoemotional deviations in the state of health while studying at school is of particular relevance.

Psychophysiological works devoted to the study of sensorimotor reaction, short-term mechanical memory and other parameters have been carried out for many decades. However, the issue of individual typological differences in psychophysiological and neurodynamic characteristics of the organism remains relevant. The aim of the study is to analyze psychophysiological indicators in Novosibirsk boys depending on the somatotype.

*Material and methods of research.* The data of the study of neurodynamic and psychophysiological parameters in boys aged 13–14 years (152 adolescents, distributed by somatotypes: microsomatic, mesosomatic and macrosomatic) are presented. The following psychophysiological indicators were studied: mechanical, semantic memory; volume and switching of attention; efficiency; personal anxiety; well-being, activity, mood (SAN); stress resistance; motivation of achievements; level of aggression, hostility; sensorimotor reactions; level of functional mobility of nervous processes.

*Results and discussion.* According to the results of the study, a psychophysiological individual-typological "portrait" of each somatotype was formed. Characteristic of the microsomatic type: high level of reactivity of the body; maximum memory capacity; low level of attention switching; average mobility of nervous processes; high motivation to achieve; high stress resistance and aggression. Characteristics of the mesosomatic type: average level of reactivity of the body; maximum memory capacity; high level of attention switching; average mobility of nervous processes; average achievement motivation; low level of personal anxiety; high hostility. Characteristics of the macrosomatic type: low level of reactivity of the body; minimum amount of memory; low level of attention switching; maximum mobility of nervous processes; low motivation to achieve; high level of well-being and mood.

*Conclusions.* As a result of the study, significant psychophysiological differences were revealed in boys aged 13–14 years, depending on the somatotype, which allowed us to form an individual typological "portrait" that allows us to characterize the features of the psychological status of representatives of each type. The obtained data can be used in applied professional fields: career guidance, sports selection, psychological and pedagogical and therapeutic and preventive activities.

**Keywords:** adolescents, somatotype, psychophysiological individual-typological "portrait".

## References

1. Klorin A. I. Somatotypes and the paradigm of individual constitutions. The development of the doctrine of human constitutions in Russia in the second half of the XX century, *Physiological Journal. Sechenov*, **82** (3), 151 (1996).
2. Baiguzhin P. A. Optimization of evaluation of sensorimotor reaction indicators – predictors of the functional state of the central nervous system, *Modern problems of science and education*, **6**, 252 (2011).
3. Bikulova A. A. The study of psychophysiological features of environmental students in the process of educational activity, *Psychology. Sociology. Pedagogy*, **1-1** (14), 4 (2012).
4. Kamenskaya V. G., Afaunova A. O. Specificity of the manifestation of functional states in childhood and adolescence, *Bulletin of Psychophysiology*, **3**, 86 (2018).
5. Zavyalova Ya. L., Borovets E. N. Age and gender features of attention and memory of adolescents studying in grades 7 and 9, *Bulletin of Psychophysiology*, **3**, 165 (2020).
6. Tatyana E. V. Physiological adaptation and psychosomatic development of schoolchildren in modern conditions of educational space, *Bulletin of Psychophysiology*, **2**, 49 (2020).
7. Stavitskaya A. B., Aron D. I., *Methodology of research of physical development of children and adolescents* (Moscow: Medgiz, 1959).
8. Khrushchev S. V., Tehniski S. B. *Children's sports medicine: a guide for doctors: 2nd ed., reprint. and EXT.* (M.: Medicine, 1991).
9. Rubanovich V. B. Morphofunctional development of children and adolescents of different constitutional types depending on motor activity : abstract. diss. ... doctor of medical sciences, Tomsk, Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15801770> (2004).
10. Kozlova A. P., Subotyalov M. A. Morphofunctional features of boys depending on the somatotype, *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **7** (73), 1, 75 (2021).
11. Subotyalov M. A. Morphofunctional and psychophysiological features of adolescents and young men of various constitutional types: diss. ... cand. biol. Sciences, Tomsk, Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19173678> (2002).
12. Mikhailova L. A., Orlova S. N. Features of neurodynamic processes in students with different types of nervous system performance, *Modern problems of science and education*, **2**, 8 (2016).
13. Golovin M. S. The effect of single and prolonged audiovisual stimulation on the body of students involved in sports: abstract. diss. ... cand. biol. Sciences, Tomsk, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30434979> (2016).
14. Golubeva E. A. Rhythm imposition reaction as a research method in differential psychophysiology, *Problems of differential psychophysiology*, **7**, 7 (1972).
15. Pirumova I. V. Morphofunctional and psychophysiological features of adolescents aged 12-15 years in the conditions of traditional and gender-segregated education : abstract. diss. ... cand. biol. Sciences, Chelyabinsk, Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19228936> (2010).
16. Gusevnikov V. I. *Electrophysiology of the brain* (M.:, 1976).
17. Antonysheva O. V., Kozlovsky V. I. Personality profile, anxiety and depressive disorders in patients with arterial hypertension, *Bulletin of the Vitebsk State Medical University*, **9** (2), 49 (2010).
18. Tikhomirova T. S. Modern approaches to preserving and strengthening the health of schoolchildren, *Standards and monitoring in education*, **1**, 41 (2013).
19. Shkuratova A. P. Research of achievement motivation in the educational process, *Bulletin of the Trans-Baikal State University*, **02** (105), 47 (2014).

**УДК 631.461**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-143-158**

## **ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ РАИФСКОГО УЧАСТКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

*Кулагина В. И., Александрова А. Б., Рязанов С. С., Шагидуллин Р. Р.,  
Андреева А. А., Кольцова Т. Г.*

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

Рассмотрены три способа подсчета запасов углерода в почвах лесного массива. Показано, что средние запасы углерода в почвах Раифского участка заповедника, рассчитанные по натурным данным, в 2–3 раза меньше справочных. Запас углерода в слое почвы 0–30 см под сосняками по натурным данным составил 20,3 т/га, а по справочным 71,5 т/га. Средние запасы на единицу площади при разных способах подсчета с использованием натурных данных отличаются менее, чем на 10 т/га, при сравнении натурных и справочных данных разница в большинстве случаев превышает 40 т/га. Общие запасы углерода в слое 0–30 см под лесами Раифского участка, рассчитанные по натурным и справочным данным, составляют соответственно 135424,0 т и 402573,9 т. Разница обусловлена тем, что на территории заповедника преобладают бедные углеродом дерново-подзолистые почвы, в то время как при вычислении справочных данных на регион учитывались также серые лесные почвы и черноземы.

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Инвентаризация запасов углерода, накопленных в биотических и абиотических компонентах экосистем, необходима для разработки и реализации эффективной государственной политики Российской Федерации в области декарбонизации атмосферы в соответствии с Федеральным Законом «Об ограничении выбросов парниковых газов» № 296-ФЗ от 02.07.2021, Указом Президента Российской Федерации от 30 сентября 2013 г. № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов» и международными соглашениями.

В настоящее время в отчетности по депонированию углерода приоритет отдается лесным экосистемам. Почва – один из компонентов лесных экосистем, для которых проводится оценка запасов и бюджета углерода [1, 2]. Данные о запасах углерода в почвах важны для расчета баланса углерода и выработки мероприятий по управлению лесами.

Количество публикаций, посвященных изучению запасов углерода в основных лесообразующих породах и почвах, постоянно увеличивается [3–10]. Тем не менее, почвы лесных экосистем Российской Федерации до сих пор изучены недостаточно. В отличие от почв сельхозугодий, агрохимические картограммы по содержанию

гумуса на них не составлялись, крупно- или среднемасштабные почвенные карты имеются не везде. При оценке запасов углерода в лесных экосистемах, прежде всего, оценивают запас в древесине, запасы в почвах определяют не всегда. Например, в 2020 г. закончен первый цикл государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). В начале 2022 г. опубликованы первые результаты, касающиеся запасов углерода в древесине лесов РФ [7]. Углерод в пулах подстилки и почвы по результатам ГИЛ первого цикла не определяли [7].

Однако подсчет запасов углерода в почвах лесов необходим. Согласно предварительным оценкам суммарный запас углерода в лесных почвах России таков, что пренебрегать им не следует. По мнению Д. Г. Щепаченко с соавторами (2013) общие запасы органического углерода в почвах России в слое 0–100 см составляют 317,1 Пг, при этом на почвы лесных экосистем приходится около 46 % [8]. Средний запас углерода для лесных земель без учета подстилки по расчетам авторов 176 т/га [8]. Однако это – обобщенные сведения, требующие уточнения запасов углерода для конкретных лесных массивов.

Проводить расчеты для отдельных лесных массивов возможно разными способами: с использованием результатов натурных исследований и с использованием справочных данных. При организации исследований запасов углерода в почвах ключевой методической вопрос заключается в выборе способа подсчета, результаты которого позволяли бы получить достаточно точные данные с помощью имеющихся в наличии материалов.

Определение запасов органического углерода в почвах лесных экосистем и сравнение способов подсчета рационально начать с эталонных участков, репрезентативно отражающих почвенно-экологические условия региона исследования. В качестве природных эталонов наиболее часто рассматриваются особо охраняемые природные территории (ООПТ).

В Республике Татарстан ООПТ с наиболее строгим режимом охраны является Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник (ВКГПБЗ).

Целью работы было определение запасов углерода в почвах Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника с использованием справочных и натурных данных и сравнение результатов подсчета.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Объектом исследования послужил Раифский участок Волжско-Камского заповедника, расположенный в Зеленодольском районе Республики Татарстан. Общая площадь участка 5921,2 га [11]. Раифский лес, благодаря комплексу исторически сложившихся обстоятельств, мало затронут рубками и является одним из самых старовозрастных в Восточной Европе.

Исходными данными для расчета запасов органического углерода в почвах Раифского участка ВКГПБЗ послужили:

- 1) справочные показатели из «Методических указаний...» (2017) [1];
- 2) карта лесных насаждений и материалы лесоустройства 2013 г., предоставленные руководством ВКГПБЗ (рис. 1);
- 3) почвенная карта П. В. Гришина, составленная на Раифский участок Волжско-



Камского заповедника (рис. 2).

4) материалы натуральных исследований, проведенных сотрудниками ИПЭН АН РТ в 2009–2022 гг.

Базовым документом при расчетах поглощения парниковых газов лесами и запасов углерода в лесных почвах являются «Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов» (2017). В этом документе среди прочего приводятся справочные данные по запасам углерода в почве на 1 га лесных насаждений в зависимости от состава и возраста древесных пород (табл. 1). Природные условия на территории России значительно варьируют. По этой причине средние справочные данные по запасам углерода в лесных почвах указаны для двенадцати регионов, на которые поделена территория страны. В соответствии с этим принципом Республика Татарстан относится к Европейско-Уральской части (макрорегион) и южной широтной полосе – южная тайга и южнее [1].

**Таблица 1**

**Средние значения запаса углерода слоя почвы 0–30 см в группах возраста преобладающих древесных пород [1]**

Преобладающая порода	Средние значения запаса углерода (т/га)		
	Молодняки 1 класса возрастов	Молодняки 2 класса возрастов	Средневозрастные и более
Сосна	67,2	71,5	71,5
Ель	74,5	79,3	79,3
Пихта	91,2	97,1	97,1
Лиственница	69,3	73,7	73,7
Дуб высокоствольный	46,0	49,0	49,0
Дуб низкоствольный	46,0	49,0	49,0
Прочие твердолиственные	46,0	49,0	49,0
Береза	75,8	80,9	83,4
Осина, тополь	62,3	66,4	68,5
Прочие мягколиственные	55,4	59,1	61,0

Материалы последнего лесоустройства, в том числе карта лесных насаждений Раифского участка заповедника (рис. 1), свидетельствуют о том, что на данной территории преобладают сосновые леса. Они занимают 62 % площади лесов Раифского участка заповедника. Далее в порядке убывания площади на территории Раифского участка встречаются: липняки, березняки, ольховники, ельники,

осинники, тополевики, дубняки, лиственничные, кленовые леса, тальник и ясеновые леса. Сосняки, липняки и березняки в общей сложности занимают 96 % площади лесов Раифского участка. Поскольку заготовка древесины на территории заповедника запрещена, преобладают леса старших возрастных групп: спелые и перестойные, приспевающие и средневозрастные. Молодняки всех пород занимают площадь 1,5 % от общей площади леса.

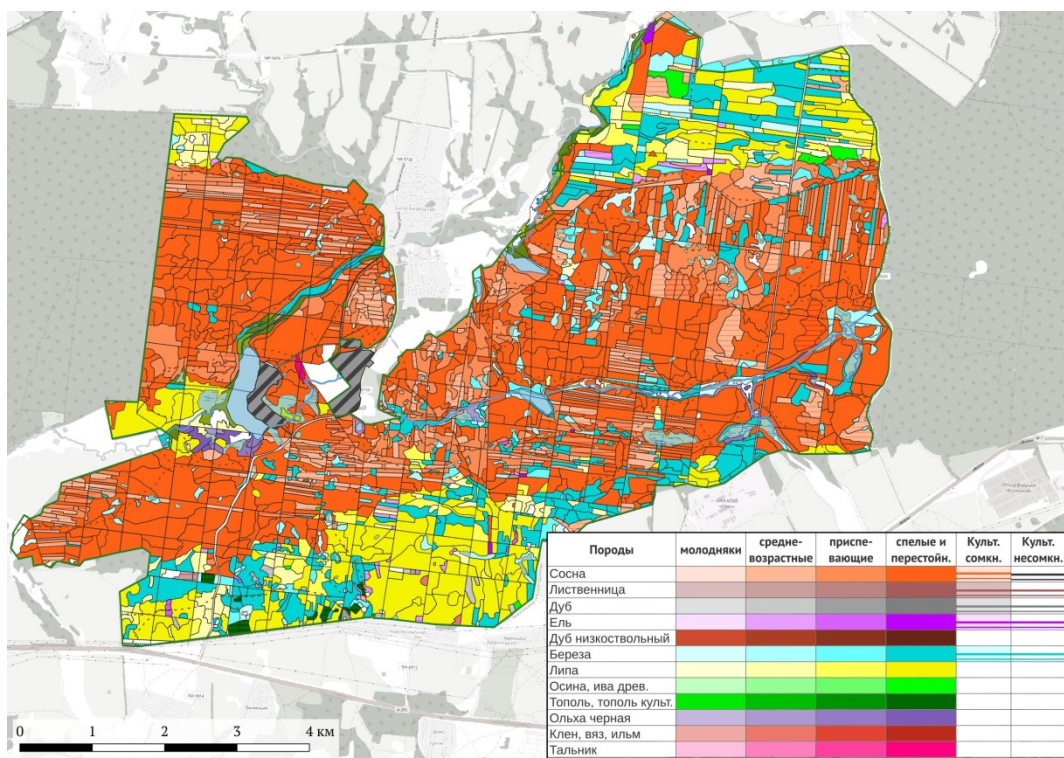


Рис. 1. План лесонасаждений Раифского участка ВКГПБЗ по материалам лесотаксации 2013 г.

Почвенная карта Раифского участка Волжско-Камского заповедника (рис. 2) была составлена П. В. Гришиным по материалам 1956 г. Из материалов лесоустройства 1979 г. следует, что почвенная карта Раифского участка, имеющаяся в заповеднике, является копией утраченной карты П. В. Гришина [12]. После 1956 г. почвенно-картографические работы на территории заповедника не проводились, хотя исследования отдельных почв имели место. Почвенная карта охватывает не всю современную площадь Раифского участка (рис. 2). В 2001 г. к территории заповедника добавились северные и восточные кварталы.

Натурные почвенные исследования (но не картографические) проводились в Волжско-Камском заповеднике сотрудниками ИПЭН АН РТ в период с 2009 по 2022 гг. С научными целями было заложено более пятидесяти почвенных разрезов

## ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ РАИФСКОГО...

на территории Раифского участка заповедника. Для диагностики почв использовалась «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) [13].

Образцы почв отбирались по генетическим горизонтам. Содержание органического вещества определяли по методу И. В. Тюрина (ГОСТ 26213–91), объемный вес – методом режущего кольца (ГОСТ 5180–2015).

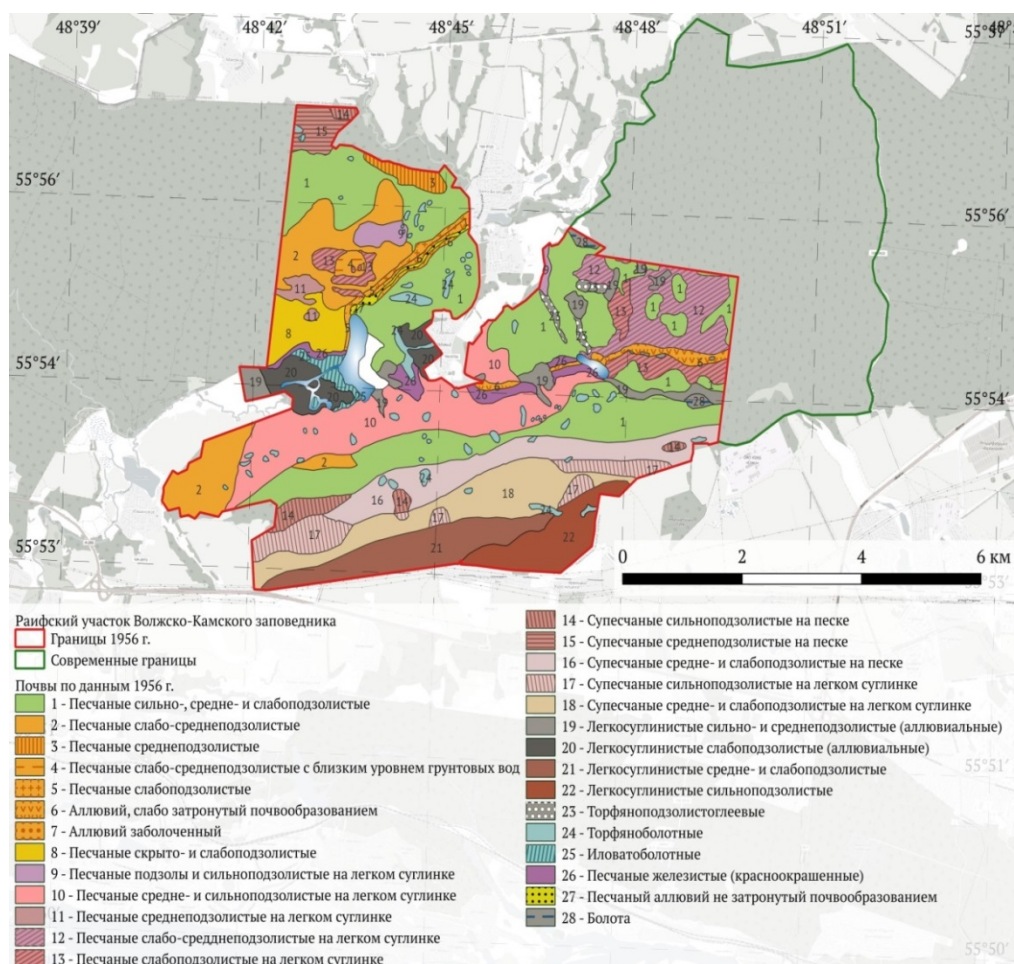


Рис. 2 Почвенная карта Раифского участка Волжско-Камского заповедника.

Запасы углерода в почвах на единицу площади рассчитывали по формуле:

$$C = OB \times H \times V \times 0.58 \quad (1),$$

где,

C – запас углерода в почве, т/га;

OB – содержание органического вещества, %;

H – мощность расчетного почвенного горизонта, см;

$V$  – объемный вес, г/см<sup>3</sup>;

0.58 – коэффициент пересчета органического вещества на углерод.

Расчет общих запасов углерода в почвах лесов Раифского участка заповедника проводился тремя способами с применением разных материалов.

**1 способ** расчета основан на использовании справочных данных [1] и карты лесной таксации. Расчет проводился в соответствии с «Методическими указаниями...» (2017) по формуле

$$CS_{ij} = S_{ij} \times KS_{ij} \quad (2)$$

где,

$CS_{ij}$  – запас углерода в оцениваемом слое почвы под насаждениями группы возраста  $i$  преобладающей породы  $j$ , тонн С;

$S_{ij}$  – площадь насаждений группы возраста  $i$  преобладающей породы  $j$ , га;

$KS_{ij}$  – средний запас углерода в слое почвы 0–30 см под насаждениями группы возраста  $i$  преобладающей породы  $j$  – справочные данные (табл.1), т/га.

2 и 3 способы предусматривали использование натуральных данных по запасам углерода в почвах Раифского участка заповедника. Однако, по-разному: средний запас в почвах привязывался либо к площади преобладающей растительности, полученной по материалам лесной таксации, либо к площади почвы согласно почвенной карте.

При **2 способе** расчета использованы натурные данные по содержанию углерода в почвах, встречающихся под лесом определенного породного состава. Расчет проводился по формуле:

$$CS_j = S_j \times C_{nj} \quad (3)$$

где,

$CS_j$  – запас углерода в слое почвы 0–30 см под насаждениями с преобладанием данной древесной породы, тонн С;

$S_j$  – площадь насаждений преобладающей породы, га;

$C_{nj}$  – средний запас углерода в слое почвы 0–30 см под насаждениями преобладающей породы по натурным данным, т/га.

**3 способ** расчета основан на использовании натуральных данных по содержанию углерода в почвах и площади почв на территории Раифского участка заповедника.

Расчет проводился по формуле

$$CS = S_{soil} \times C_{ns} \quad (4),$$

где,

$CS$  – запас углерода в слое почвы 0–30 см, т;

$S_{soil}$  – площадь почвы (почвенной разности) согласно почвенной карте, га;

$C_{ns}$  – средний запас углерода в слое почвы (почвенной разности) 0–30 см, т/га.

Расчеты проводились с использованием ГИС-технологий и векторизованных карт.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования позволили установить, что запасы углерода в почвах Раифского участка заповедника, рассчитанные с использованием справочных и натуральных данных, различаются в 2–3 раза. В то же время разные

## ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ РАИФСКОГО...

способы подсчета с использованием натуральных данных показали близкие результаты.

Запасы углерода в почвах Раифского участка заповедника, рассчитанные первым способом, то есть с использованием справочных данных и карты лесной таксации, представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Запасы углерода в почвах Раифского участка ВКГПБЗ, рассчитанные с использованием справочных данных и данных лесной таксации**

Порода	Группа возраста	Площадь, га	Запасы С в 30 см, т/га*	Валовые запасы С, т
береза	молодняки	46,4	80,9	3752,1
	средневозрастные и старше	839,1	83,4	69977,6
дуб	средневозрастные и старше	13,3	49,0	650,7
ель	молодняки	7,4	79,3	589,2
	средневозрастные и старше	41,5	79,3	3289,4
клен, вяз, ильм	молодняки	1,8	49,0	86,7
	средневозрастные и старше	2,4	49,0	119,6
липа	молодняки	25,7	59,1	1520,6
	средневозрастные и старше	977,9	61,0	59651,9
лиственница	средневозрастные и старше	6,2	73,7	459,9
ольха серая	молодняки	2,2	59,1	128,2
	средневозрастные и старше	54,8	61,0	3341,6
ольха черная	средневозрастные и старше	34,7	61,0	2114,3
осина, ива	средневозрастные и старше	25,1	68,5	1720,0
сосна	молодняки	0,4	71,5	27,9
	средневозрастные и старше	3551,6	71,5	253940,8
тальник	средневозрастные и старше	4,4	61,0	267,2
тополь,	средневозрастные и старше	14,6	61,0	890,6
ясень	средневозрастные и старше	0,9	49,0	45,6
<b>ИТОГО</b>		<b>5650,4</b>	<b>64,6</b>	<b>402573,9</b>

\*Примечание: по «Методическим указаниям...» (2017)

При первом варианте расчетов общие запасы углерода в почвах Раифского участка ВКГПБЗ в слое 0–30 см составляют 402,5 тыс. тонн. Больше половины запасов углерода находится в почвах под сосновыми лесами, благодаря занимаемой ими площади (табл. 2). Вторыми по площади являются липняки, третьими – березняки, а вот по величине суммарных запасов углерода они меняются местами, поскольку согласно справочным данным запасы углерода в почвах под березняками выше. Для расчета общих запасов углерода под липняками использованы справочные данные из градации «прочие мягколиственные» (табл. 1).

Для расчета запасов углерода вторым способом требовалось соотнести результаты натуральных данных по содержанию углерода в почвах с породным составом насаждений. Поскольку при натуральных почвенных обследованиях описание растительности является обязательным, определение среднего запаса углерода под насаждениями соответствующего породного состава оказалось возможным. При научных исследованиях 2009–2022 гг. почвенные разрезы закладывались не только под самыми распространенными на Раифском участке заповедника лесами – сосняками (22 разреза), липняками (21 шт.), березняками (6 шт.). Таким образом, средние запасы углерода под сосняками составляют  $20,3 \pm 1,3$  т/га при коэффициенте вариации  $V=30,6\%$ , под липняками  $32,2 \pm 2,5$  т/га ( $V=35,6\%$ ), под березняками  $31,4 \pm 6,3$  т/га ( $V=49,1\%$ ).

Единичные разрезы пришлось также на ивняки (1 шт.), ольховники (2 шт.) и ельники (1 шт.). Далее с учетом площадей, занятых насаждениями разного породного состава рассчитан запас углерода в почвах (табл. 3).

**Таблица 3**

**Запасы углерода в почве под насаждениями разного породного состава по  
полевым данным 2009–2022 гг. и карте лесной таксации**

Преобладающая порода	Площадь, га	Запасы С в 30 см, т/га	Валовые запасы С в 30 см, т
сосна	3552,0	20,3	72212,4
липа	1003,6	32,2	32347,0
береза	885,4	31,4	27820,5
ольха серая	57,0	23,7	1349,1
ель	48,9	9,7	472,5
ольха черная	34,7	23,7	821,1
осина, ива древ.	25,1	13,6	341,7
тополь	14,6		
дуб	13,3		
лиственница	6,2		
тальник	4,4	13,6	59,6
клен, вяз, ильм	4,2		
ясень	0,9		
<b>ИТОГО</b>	<b>5650,4</b>	<b>23,9*</b>	<b>135424,0</b>

\*Примечание: средневзвешенное значение

Возрастные группы насаждений в таблице 3 не указаны, но как уже отмечалось ранее, молодняки занимают не более 1,5 % территории и содержание органического

углерода в почвах под большей частью из них не отличаются от содержания углерода в почвах под средневозрастными и более старыми лесами. Насаждения некоторых видов пород оказались не охвачены натурными исследованиями (тополёвники, дубняки и др.) – в общей сложности 39,2 га, то есть менее 0,7 % от площади Раифского участка заповедника, что не могло оказать существенного воздействия на расчет запасов углерода.

Согласно полученным данным средние запасы углерода в слое 0–30 см убывают в ряду: липняки > березняки > ольховники > сосняки > ивняки > ельники (табл. 3).

Более высокие средние запасы углерода под березняками по сравнению с сосняками согласуются со справочными данными и данными О. В. Честных с соавторами [1, 10].

Запасы углерода под каждым типом лесных насаждений, установленные натурными исследованиями, оказались ниже справочных (табл. 3). Например, под сосняками согласно справочным данным запасы углерода должны составлять 71,5 т/га, но по результатам натурных исследований равны 20,3 т/га, под березняками 83,4 т/га и 31,4 т/га соответственно (табл. 2,3). Однако в целом натурные данные по средним запасам углерода в слое 0–30 см под лесами Раифского участка заповедника хорошо согласуются с данными А. И. Кузнецовой с соавторами для такого же слоя почв сосновых лесов [5].

Причина заключается в том, что справочные данные по региону России, в который входит Республика Татарстан, составлялись с учетом не только дерново-подзолистых, но также серых лесных почв и черноземов, содержание углерода в которых близко к справочным данным или превышает их [3]. В то время как почвенный покров Раифского участка заповедника представлен преимущественно бедными дерново-подзолистыми почвами, запас углерода в которых ниже справочных данных для почв южно-таежной зоны [3].

В результате суммарные запасы углерода, рассчитанные вторым способом с учетом натурных данных, оказались в 3 раза ниже, чем при расчете с использованием справочных величин – 135424,0 т/га против 402573,9 т/га.

Третий вариант расчета предполагал применение результатов натурных исследований и почвенной карты для определения площадей, занятых разными почвами. Этот способ расчета теоретически должен быть самым точным. Однако, как уже отмечалось ранее, почвенные карты на площади, занятые лесами, часто или отсутствуют, или охватывают не всю территорию, или давно не обновлялись.

В данном случае на почвенной карте не отражены территории, вошедшие в состав заповедника в 2001 г. (рис. 2). Кроме того, почвенная карта П. И. Гришина составлялась в 1956 г., еще до утверждения классификации 1977 г.

В легенде к почвенной карте П. И. Гришина перечислено 28 почвенных разностей (рис. 2). Наиболее распространенные по площади почвы относятся к типу подзолистых. Они занимают в общей сложности 3527,9 га (92,8 % площади карты), причем 2285,5 га (более 60 %) имеют песчаный гранулометрический состав. Подтип в легенде к почвенной карте П. В. Гришина не указан, но согласно натурным данным подавляющая часть подзолистых почв заповедника относится все же к

подтипу дерново-подзолистых, а не собственно подзолистых, хотя встречаются и такие.

Большинство почвенных разностей из легенды к карте П. И. Гришина встречаются и в классификации 1977 г. Выбиваются из этого списка «Песчаные железистые (красноокрашенные)», которые можно отнести к аллювиальным луговым примитивным или аллювиальным лугово-болотным согласно классификации 1977 г.

В таблице 4 почвенные разности, выделенные П. И. Гришиным, объединены в более крупные группы для определения их суммарной площади и для последующего удобства расчетов.

Таблица 4

**Запасы углерода в почвах Раифского участка заповедника по данным  
натурных исследований и почвенной карте**

Группа почв	Площадь группы, га	Запасы С в 30 см, т/га	Валовые запасы С в 30 см, т
Песчаные подзолистые	2285,5	18,9	43287,6
Легкосуглинистые подзолистые	657,7	36,9	24235,0
Супесчаные подзолистые	584,7	27,9	16306,7
Нет данных	133,8		
Песчаные железистые (красноокрашенные)	59,6	9,9	593,0
Аллювий, слабо затронутый почвообразованием	57,7	19,8	1140,8
Торфяноподзолистоглеевые	20,5	57,7	1185,2
Аллювий заболоченный	2,1	54,4	115,1
ИТОГО	3801,6	23,7*	86863,4

\*Примечание: средневзвешенное значение

Графа «нет данных» объединяет почвы и непочвенные образования, по которым нет натуральных данных: Это почвы болот Раифского участка заповедника и аллювий, не затронутый почвообразованием. В этих контурах с 2009 по 2022 гг. почвенные разрезы не закладывались. Общая площадь этих выделов составляет 3,5 % от площади почвенной карты. Эти участки обычно не покрыты лесом и на карте лесной таксации также являются белыми пятнами. Для остальных почв, отраженных на почвенной карте, рассчитаны запасы углерода (табл. 4).

Средние запасы углерода в слое 0–30 см в почвах Раифского участка Волжско-Камского заповедника согласно натурным данным невелики (табл. 4). Они меньше средних справочных запасов, рекомендованных для расчета пула углерода в почвах



южной тайги и более южных климатических зон Европейско-Уральской части России [1, 3]. Однако полученные нами данные согласуются с данными О. В. Черновой с соавторами для автоморфных лесных почв европейской части России [9], результатами А. А. Бобрика с соавторами для подзолистых почв [14], а также с запасами углерода в дерново-подзолистых почвах островов Куйбышевского водохранилища [15].

Распределение запасов углерода по площади Раифского участка, рассчитанных тремя разными способами, представлено на рис. 3.

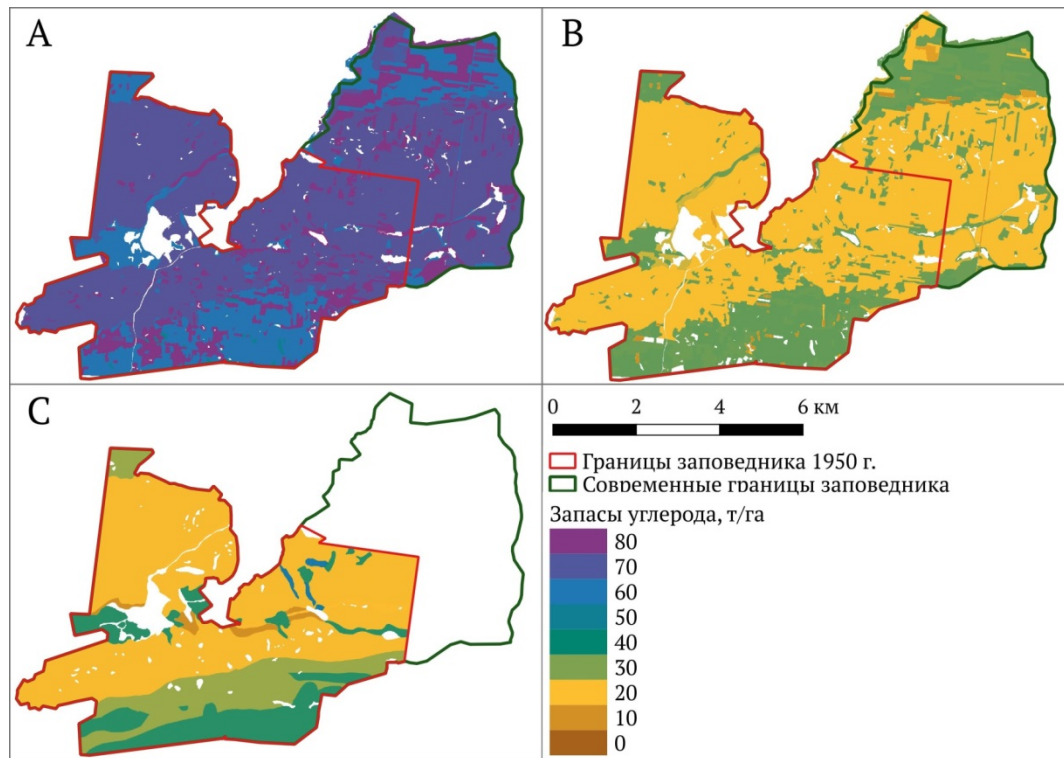


Рис. 3. Запасы углерода в почвах Раифского участка ВКГПБЗ, рассчитанные:  
 А) по справочным данным на основе возраста и состава древостоя,  
 В) на основе натуральных исследований и лесотаксационных данных;  
 С) на основе почвенной карты П. И. Гришина и натуральных исследований.

Хорошо заметно, что не только запасы углерода в тоннах на 1 га, но и контуры выделов с разными запасами углерода на рис. 3В и 3С практически совпадают, в отличие от рис. 3А. То есть, запасы углерода, рассчитанные с использованием данных натуральных исследований, оказались близки, а результат, полученный с использованием справочных данных, значительно отличается.

Дополнительным подтверждением являются картограммы, отражающие не

запасы, а разницу запасов углерода в т/га между рассчитанными вариантами (рис. 4).

Разница между запасами углерода, рассчитанными первым и вторым способом, то есть с использованием справочных данных плюс карта лесной таксации и натуральных данных плюс карта лесной таксации, составляет для большей части территории Раифского участка более 40 т/га, на отдельных участках снижаясь до 20–30 т/га (рис. 4А). Фактически это разница между использованием справочных данных и данных натуральных исследований, привязанных к карте лесной таксации.

В то же время разница запасов углерода в слое 0–30 см между вторым и третьим вариантами (натурные данные плюс карта лесной таксации и натурные данные плюс почвенная карта), на большей части площади меньше 10 т/га (рис. 4В). То есть, независимо от того, привязаны натурные данные к карте преобладающих древесных пород или к почвенной карте средние запасы углерода на единицу площади отличаются менее, чем на 10 т/га.

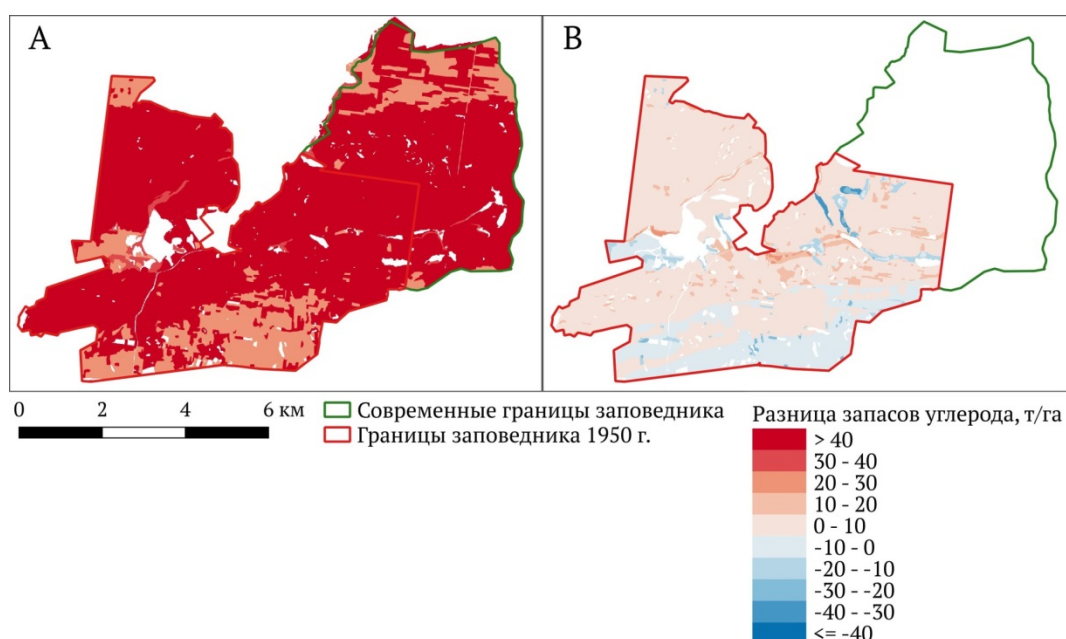


Рис. 4. Разница между запасами углерода, рассчитанными разными способами:  
А) между первым и вторым способами подсчета;  
В) между вторым и третьим способами подсчета.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено сравнение результатов трех способов расчета запасов углерода в почвах Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

Показано, что средние запасы углерода в почвах Раифского участка Волжско-Камского заповедника, рассчитанные по натурным данным, в 2–3 раза меньше справочных. Запас углерода в слое почвы 0–30 см под самыми распространенными сосновыми лесами по натурным данным составил 20,3 т/га, а по справочным – 71,5 т/га, под березняками – 31,4 т/га и 83,4 т/га соответственно.

Средние запасы на единицу площади при разных способах подсчета с использованием натуральных данных отличаются менее, чем на 10 т/га, при сравнении натуральных и справочных данных разница на большей части территории превышает 40 т/га.

Общие запасы углерода в слое 0–30 см под лесами Раифского участка, рассчитанные по натурным и справочным данным, составляют соответственно 135424,0 т и 402573,9 т. Разница обусловлена тем, что на территории заповедника преобладают бедные углеродом дерново-подзолистые почвы, в то время как при вычислении справочных данных учитывались также серые лесные почвы и черноземы.

Регионально-зональный полигон, включающий южно-таежную и более южные зоны Европейско-Уральской части РФ, охватывает сразу несколько почвенных зон, с почвами, отличающимися по запасам углерода. В то же время почвенный покров отдельного лесного массива не может быть представлен всем разнообразием почв просто в силу недостаточной протяженности и приуроченности к определенной биоклиматической зоне. В регионально-зональном полигоне, включающем южно-таежную зону Европейско-Уральской части РФ, для получения достоверных данных о запасах органического углерода в почвах отдельных лесных массивов рациональнее использовать не справочные данные, а результаты натурных исследований почв.

Изучение запасов органического углерода в почвах лесов и совершенствование способов подсчета должно быть продолжено.

### Список литературы

1. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов. Утв. Распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р.
2. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов / Ред. Джим Пенман, Михаил Гитарский, Така Хиразиши и др. – Женева, 2003. – 649 с.
3. 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.
4. Кузнецова А. И. Влияние растительности на запасы почвенного углерода в лесах (обзор) / А. И. Кузнецова // Вопросы лесной науки. – 2021. – Т. 4, №4. – С. 1–54.
5. 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.
6. Кокорин А. Поглощение CO<sub>2</sub> лесами России в контексте Парижского соглашения / А. Кокорин, Д. Луговая // Устойчивое лесопользование. – 2018. – №2(54). – С. 13–18.

7. Филипчук А. Н. Аналитический обзор количественных и качественных характеристик лесов Российской Федерации: итоги первого цикла государственной инвентаризации лесов / А. Н. Филипчук, Н. В. Малышева, Т. А. Золина, С. В. Федоров, А. М. Бердов, В. Н. Косицын, А. Н. Югов, П. С. Кинигопуло // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 1. – С. 5–34.
8. Щепашенко Д. Г. Запасы органического углерода в почвах России / Д. Г. Щепашенко, Л. В. Мухортова, А. З. Швиденко, Э. Ф. Ведрова // Почвоведение. – 2013. – №2. – С. 123–132.
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. Честных О. В. Распределение запасов органического углерода в почвах лесов России / О. В. Честных, Д. Г. Замолотчиков, А. И. Уткин, Г. Н. Корвин // Лесоведение. – 1999. – №2. – С. 13–21.
11. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей природной среды Республики Татарстан в 2013 году // Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Официальный сайт. <https://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm>
12. Калимуллина С. Н. История изучения почвенного покрова Волжско-камского заповедника / С. Н. Калимуллина // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. – Казань, 2002. – Выпуск. 5. – С. 199–213.
13. Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 223 с.
14. Бобрик А. А. Эмиссия CO<sub>2</sub> и запасы органического углерода в почвах северотаежных экосистем Западной Сибири в различных геоэкологических условиях / А. А. Бобрик, И. М. Рыжова, О. Ю. Гончарова, Г. В. Матышак, М. И. Макаров, Д. А. Волкер // Почвоведение. – 2018. – №6. – С. 674–687.
15. Кулагина В. И. Оценка запасов органического углерода в почвенном покрове островных экосистем Куйбышевского водохранилища / В. И. Кулагина, С. С. Рязанов, Р. Р. Шагидуллин, А. А. Александрова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Том. 7(73), №3. – С. 112–126.

## **ORGANIC CARBON STOCKS IN THE SOILS OF THE RAIFA SECTION OF THE VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE**

***Kulagina V. I., Alexandrova A. B., Ryazanov S. S., Shagidullin R. R.,  
Andreeva A. A., Koltcova T. G.***

***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***

Soil is one of the forest ecosystems components for which carbon stocks and budgets are assessed. Soil carbon stocks are important for calculating the carbon budget and developing forest management measures. At the same time, field data on carbon content and soil maps of large and medium scales are not available for all forest areas. In the absence of field data, the calculation of carbon reserves is carried out using reference data. The aim of the work was to determine the carbon stocks in the soils of the Raifa section of the Volzhsko-Kamsky State Nature Biosphere Reserve using reference and field data and compare the calculation results. The Raifa forest on the territory of the Volzhsko-Kamsky State Nature Biosphere Reserve is one of the oldest forests in Eastern Europe. Logging on its territory was prohibited long before the creation of the reserve. Young stands of all tree

species occupy an area of 1.5 % of the total forest area. Pine forests, linden forests and birch forests occupy a total of 96 % of the forest area of the Raifa section. Further, in descending order of area on the territory of the Raifa site, there are: alder forests, spruce forests, aspen forests, poplar forests, oak forests, larch, maple forests, willow and ash forests. The predominant soil type is soddy-podzolic with light granulometric composition. Sandy soils are mostly found under pine forests. The results of the three methods for calculating carbon stocks in the soils of the Raifa area are compared. In the first method, reference data and a forest inventory map were used; in the second, field data and a forest inventory map; in the third, field data and a soil map compiled by P. I. Grishin. Field data were collected from 2009 to 2022 years for different purposes and include characteristics of more than 50 soil profiles. Since the description of vegetation is obligatory when describing soil sections, it turned out to be possible to link field data not only with the soil map, but also with the forest inventory map. The maximum number of soil slits fell on pine, birch and lime forests. Single soil sections were laid under other tree species. It was shown that the average carbon reserves in the soils of the Raifa section of the Volzhsko-Kamsky Reserve, calculated from field data, are 2–3 times less than the reference ones. The carbon stock in the 0–30 cm soil layer under the most common pine forests, according to field data, was 20.3 t/ha, and according to reference data – 71.5 t/ha, under birch forests 31.4 t/ha and 83.4 t/ha respectively. The average reserves per unit area with different methods of calculation using field data differ by less than 10 t/ha; when comparing field and reference data, the difference in most of the territory exceeds 40 t/ha. The total carbon reserves in the 0–30 cm layer under the forests of the Raifa site, calculated from field and reference data, are 135424.0 t and 402573.9 t, respectively. The huge difference is caused by the fact that on the territory of the reservoir carbon-porr sod-podzolic soil is dominating, meanwhile reference data was compiled from grey forest soils and chernozems as well. The region of the southern taiga and more southern zones of the European-Ural part of the Russian Federation, covers several soil zones at once, with soils differing in carbon reserves. At the same time, the soil cover of an individual forest area cannot be represented by the entire variety of soils simply because of its insufficient length and confinement to a certain bioclimatic zone. In the region of the southern taiga zone of the European-Ural part of the Russian Federation, to obtain reliable data on the stocks of organic carbon in the soils of individual forest areas, it is more rational to use not reference data, but the results of field studies of soils. It does not matter whether the field data are linked to a map of the dominant tree species or to a soil map, the average carbon stocks per unit area are approximately the same.

**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. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. 649. (World Meteorological Organization, Geneva, 2003).

3. 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).
4. Kuznetsova A. I. Influence of vegetation soil carbon stocks in forests (review), *Forest science issues*, **4, 4**, 1 (2021).
5. 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).
6. Kokorin A., Lugovaya D. CO<sub>2</sub> uptake by Russian forests in the context of the Paris Agreement, *Sustainable forest management*, **2(54)**, 13 (2018).
7. Filipchuk A. N., Malysheva N. V., Zolina T. A., Fedorov S. V., Berdov A. M., Kositsyn V. N., Yugov A. N., Kinigopulo P. S. Analytical Review of the Quantitative and Qualitative Characteristics of Forests in the Russian Federation: Results of the First Cycle of the State Forest Inventory, *Forestry information*, **1**, 5 (2022).
8. Schepaschenko D. G., Shvidenko A. Z., Mukhortova L. V., Vedrova E. F. The pool of organic carbon in the soils of Russia, *Eurasian Soil Science*, **2**, 107 (2013).
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. Chestnykh O. V., Zamolodchikov D. G., Utkin A. I., Korovin G. N. Distribution of Organic Carbon Reserves in Soils of Russian Forests, *Russian Journal of Forest Science*, **2**, 13 (1999).
11. State report on the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2013. Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan. URL: <https://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm>
12. Kalimullina S. N. The history of the study of the soil cover of the Volga-Kama Reserve, *Proceedings of the Volga-Kama State Natural Reserve*, **5**, 199 (2002).
13. *Classification and diagnostics of soils in the USSR*. 224. (Kolos, Moscow, 1977).
14. Bobrik A. A., Ryzhova I. M., Goncharova O. Y., Matyshak G. V., Makarov M. I., Walker D. A. CO<sub>2</sub> emission and organic carbon pools in soils of the northern taiga ecosystems of Western Siberia under different geological conditions, *Eurasian Soil Science*, **6**, 628 (2018).
15. Kulagina V. I., Ryazanov S. S., Shagidullin R. R., Alexandrova A. B. Estimation of organic carbon stocks in the soil cover of island ecosystems of the Kuibyshevsk water reservoir, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **7 (73)**, **3**, 112 (2021).

УДК 616-003.725; 581.19

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-159-170

## О СОДЕРЖАНИИ ТЕРПЕНОВ В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ЮЖНОГО УРАЛА

Немерешина О. Н.<sup>1</sup>, Гусев Н. Ф.<sup>2</sup>, Малкова Т. Л.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО Пермская государственная фармацевтическая академия, Пермь, Россия

E-mail: olga.nemerech@gmail.com

Дикорастущее лекарственное растительное сырье растений семейства Plantaginaceae Juss. применяется в медицинской практике народов России и других стран уже много столетий. Тем не менее обширный комплекс биологически активных веществ вырабатываемых и накапливаемых растениями семейства изучается и в настоящее время. Одной из важных групп природных фармакологически активных соединений являются представители многочисленной группы терпенов. В ходе исследования был обнаружен представитель группы дитерпенов фитол в этанольных экстрактах из растений семейства *Plantaginaceae* Juss., произрастающих в степной зоне Южного Урала. Присутствие фитола в экстрактах из сырья растений семейства *Plantaginaceae* объясняет некоторые виды фармакологического действия препаратов *Plantago* и *Veronica*, упоминаемые в литературных источниках.

**Ключевые слова:** лекарственные растения, биологически активные вещества, фитол, терпены, *Plantago maxima*, *Plantago stepposa*, *Veronica longifolia*, *Veronica incana*.

### ВВЕДЕНИЕ

Флора нашей страны служит источником природных биологически активных веществ и лекарственного растительного сырья (ЛРС) для нужд населения с древнейших времен и до нашего времени. При этом биоресурсный потенциал России изучен далеко не полностью и, многие виды лекарственных растений (ЛР) нуждаются в дополнительных исследованиях для включения их в Государственную фармакопею и использования в производстве лечебно-профилактических препаратов, пищевых добавок и лечебной косметики. Во всем мире сегодня наблюдается тенденция к использованию природных биологически активных веществ (БАВ) растительного и животного происхождения для производства лекарственных средств и биологически активных добавок [1]. В список перспективных биологически активных соединений, оказывающих фармакологическое действие на организм человека и животных входит и представитель группы дитерпенов фитол, содержащийся в эфирных маслах многих ЛР [2–4].

Изучение природных источников фитола проводилось нами на территории Оренбургской области, расположенной на стыке Европы и Азии и охватывающей несколько природных зон. Потенциал видов дикорастущих лекарственных растений

(ЛР) Оренбургской области, не входящих к настоящему времени в Государственный реестр лекарственных средств, довольно высок и нуждается в изучении. Для определения направлений и перспектив экономического развития региона требуется оценка его ресурсного потенциала, в том числе исследование биологических, химических и фармакологических особенностей ЛР, представляющих интерес в качестве источников ЛРС для нужд медицины, косметической и пищевой промышленности и сельского хозяйства.

Перспективность видов ЛР для дальнейшего исследования определялась нами на основании следующих показателей:

- обширность ареала вида на Южном Урале и прилегающих территориях;
- широкое применение ЛРС как самого вида, так и близких к нему таксономически видов в практике официальной и народной медицины различных стран;
- содержание биологически активных веществ в растительном сырье.

Таким образом, исходя из вышеперечисленных требований для исследования нами были выбраны образцы ЛРС растений рода *Plantago* L. (подорожник) и рода *Veronica* L. (вероника), относящиеся к семейству Plantaginaceae Juss. (подорожниковые) и имеющие широкий ареал в Евразии. Все виды используются в практике традиционной медицины народов Российской Федерации.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом нашего исследования стали растения родов *Plantago* L. и *Veronica* L. семейства Подорожниковые (Plantaginaceae Juss.). Семейство Plantaginaceae относится к классу двудольных растений порядка Ясноткоцветные и включает около 120 родов и 1615 видов, распределённых по 12 трибам [4]. Растения семейства распространены по всему миру и на Южном Урале широко применяются местным населением в официальной и народной медицине и ветеринарной практике. Ранее проведенные исследования БАВ в сырье видов семейства Plantaginaceae (родов *Plantago* L. и *Veronica* L.) степной зоны Оренбургской области доказали, что в надземной части растений присутствуют: полифенольные соединения (флавоноиды, фенолокислоты, таниды), иридоиды, гликозиды, аскорбиновая кислота, гликозиды, аскорбиновая кислота, каротиноиды и токоферолы, а также комплекс микроэлементов [5, 6].

Растения рода *Plantago* L. (Подорожник) издавна являются ценным ЛРС для населения Южного Урала [3–5] так как довольно многочисленны в видовом отношении, характеризуются высоким обилием в фитоценозах и комплексов биологически активных веществ. Всего род *Plantago* насчитывает более 150 видов, распространённых по всему земному шару и включает одно- и многолетние травы, реже полукустарники. Растения, относящиеся к роду подорожник, используются в разных странах мира с древнейших времен как лекарственные и пищевые растения. Основными БАВ в ЛРС *Plantago* являются: флавоноиды, иридоиды, дубильные (окисляемые) вещества, гликозиды, аскорбиновая кислота, гликозиды, аскорбиновая кислота, каротиноиды, токоферолы, комплекс микроэлементов [5, 6].

Препараты из сырья растений рода *Plantago* применяются в медицинской практике



как внутренние и наружные средства, обладающие отхаркивающим, противовоспалительным, антибактериальным, антигельминтным, кровоостанавливающим, спазмолитическим, секретолитическим и обволакивающим действием. Препараты и свежие листья подорожников проявляют бактериостатический эффект в отношении многих патогенных микроорганизмов. Свежий сок из листьев подорожника способен ускорять регенерации поврежденных тканей. Препараты подорожников *per os* проявляют антитоксическое, гипогликемическое и гиполипидемическое действие в экспериментах на животных [4–6].

В фитоценозах Оренбургской области широко распространены *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. и *Plantago stepposa* Kupr. (табл. 1).

Подорожник наибольший (*Plantago maxima*) – травянистое многолетнее растение гемикриптофит и мезогигрофит высотой около 30–60 см с широкими плотными шершавыми продолговато-яйцевидными листьями, толстым стержневым корнем и обычно многочисленными (2–11) прямостоячими цветочными стрелками до 60 см высотой. *P. maxima* встречается на заливных лугах и на солонцеватых почвах в южных регионах Российской Федерации. В Оренбургской области *P. maxima* нередко произрастает на пойменных лугах вдоль рек (Урал, Сакмара, Илек, Большой Кинель, Орь, Дема, Боровка, Ток), реже – на лесных полянах (табл. 1). *P. maxima* характеризуется большой фитомассой сырья и повышенной устойчивостью вида в условиях дефицита влаги, гипо- и гипертермии в летний период в Оренбургской области [5]. В современной литературе мало данных о применении *P. maxima* в медицинской практике, но достаточно много данных о применении *P. major* и *P. lanceolata* [4, 6].

Подорожник степной (*Plantago stepposa* Kupr.) – многолетнее травянистое растение высотой до 30 см с широко ланцетными листьями и мочковатым корнем. Подорожник степной ксеромезофит, степант, гемикриптофит, мезотроф, кистекорневое растение. Подорожник степной достаточно часто встречается в степной зоне России. В Оренбургской области произрастает в степях, на суходольных лугах, на степных склонах и залежах. Растение используется местным населением как заменитель фармакопейного вида Подорожник большой (табл. 1).

Современная промышленность использует листья, трава и семена разных видов ЛР семейства Plantaginaceae для изготовления кремов, лосьонов и масок для лица и тела. В питании человека и животных используют в основном листья, реже – семена подорожников. Листья подорожников добавляют в салаты, заваривают как чай или используют как добавку к чаю. Мука подорожника входит в некоторые виды спортивного питания. Семена используют как добавку к мучным изделиям, сухим завтракам и при изготовлении напитков. Трава вероник широко применяется производителями чая для придания вкуса и аромата напиткам. Подорожник считается в некоторых странах хорошим кормовым растением для скота. Семена подорожника добавляют при производстве птичьего корма и кормов для домашних животных.

Самым многочисленным родом семейства Plantaginaceae считается род вероника (*Veronica* L.) насчитывающий около 300 видов, произрастающих преимущественно в холодных и умеренных областях Евразии. Вероники представлены одно- и

многолетними травами, реже – полукустарничками. Род широко распространен практически по всей территории России, и виды вероник нередко отмечаются как субдоминанты в фитоценозах Средней полосы России, Урала и Сибири. Исследуемые нами виды вероник встречаются в Оренбургской области повсеместно и нередко являются субдоминантами в степных фитоценозах Южного Урала (табл. 1) [5]: *V. incana* L. и *V. longifolia* L.

Сырье вероник также как и подорожников широко применяется в народной и официальной медицине стран Европы и России для лечения респираторных инфекций, бронхитов, трахеитов, бронхиальной астмы, воспалительных процессах пищеварительного тракта, почечных болезней, воспалительных процессов кожи (угрях, гнойниках, дерматомикозах, панарициях, опрелостях, ожогах и чесотке), болезней глаз, как ранозаживляющее и кровоостанавливающее средство, при укусах змей и насекомых, как эффективное средство для снижения отека ног, при эндометритах и метроррагии, неврозах, заболеваниях печени и сердечно-сосудистой системы, диарее. Препараты вероник способны проявлять противовоспалительное, обезболивающее, противосудорожное, антитоксическое, кровоостанавливающее и ранозаживляющее действие, усиливают аппетит, проявляют секретолитическое действие. Экстракты из сырья вероник проявляют антибактериальную активность в отношении различных микроорганизмов [5].

Вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.) – травянистый многолетник, эумезофит, с округлым прямостоячим стеблем высотой 60–120 см и линейно-ланцетными, неравнопильчатыми супротивными листьями. Цветки сине-фиолетовые собраны в густые кисти длиной до 25 см. В Оренбургской области часто произрастает на влажных лугах, в поймах рек, среди кустарников, в приречных ольшаниках и ивняках (табл. 1).

**Таблица 1**

**Встречаемость растений семейства *Plantaginaceae* Juss. в типичных местообитаниях Оренбургской области (%)**

N п/п	Виды	Экологическая группа	Зональность территории			
			лесостепь	северная степь	южная степь	попынная степь
1	<i>Plantago maxima</i>	мезогигрофит	19,2	2,2	18,5	-
2	<i>Plantago stepposa</i>	ксеромезофит	31,0	24,2	14,7	-
3	<i>Veronica incana</i>	ксерофит	16,8	18,1	53,7	78,6
4	<i>Veronica longifolia</i>	эумезофит	12,1	6,2	5,2	-

Вероника седая (*Veronica incana* L.) – многолетнее травянистое растение ксерофит высотой 15–40 см, с простыми супротивными листьями. Цветки синие собранные в колосовидные соцветия, образующие верхушечную кисть длиной 3,3–12 см и диаметром 1,0–1,6 см. Все растение серое или белое, войлочное-опушенное от многочисленных волосков. Нижние листья продолговатые сближены

между собой, образуя как бы розетку. В Оренбургской области встречается в степях, в сухих сосновых лесах, на каменистых склонах (табл. 1).

Для проведения анализа нами было собрано сырье подорожников (лист) и вероник (трава) в окрестностях села Каменнозёрное Оренбургского района Оренбургской области на остепненных лугах в пойме реки Урал в 2017–18 гг. Сырье высушивалось воздушно-теневым способом в хорошо проветриваемых помещениях. Далее навеску измельченного сырья ( $d = 1,0$  мм) заливали 70 % этанолом в соотношении 1:10, взбалтывали в течение 1 часа и настаивали 24 часа.

Обнаружение фитола проводили методом газовой хроматографии с масс-селективной детекцией с использованием газового хроматографа марки Agilent 7890A с масс-спектрометрическим детектором Agilent 5975C (США). Разделение БАВ проводили в капиллярной колонке HP-5ms (неполярная), без деления потока. Скорость потока газа-носителя (гелий) составляла 1 мл/мин. Температура испарителя составляла 280 °С. Температура колонки программировалась: 5 мин – устанавливалась на 70 °С, затем со скоростью 18 °С/мин поднималась до 310 °С и так выдерживалась 10 мин. Ионизация осуществлялась методом электронного удара. Регистрация масс-спектров осуществлялась по полному ионному току. Полученные масс-спектры БАВ сравнивали с библиотечными масс-спектрами (используемая библиотека – NIST08). Настройка масс-спектрометрического детектора была проведена по стандартной программе настройки Autotune.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании этанольных экстрактов ЛРС *P. maxima*, *P. stepposa*, *V. incana* и *V. longifolia* методом капиллярной газожидкостной хроматографии были получены хроматограммы на которых обнаружено вещество со временем удерживания 14,94 минуты (рис. 1–4). Масс-спектр обнаруженного вещества соответствует библиотечному масс-спектру фитола (NIST08), что позволяет идентифицировать обнаруженное вещество как фитол (рис. 5). Максимальная высота пика фитола отмечалась на хроматограммах экстрактов Вероники седой и Вероники длиннолистной (рис. 3, 4).

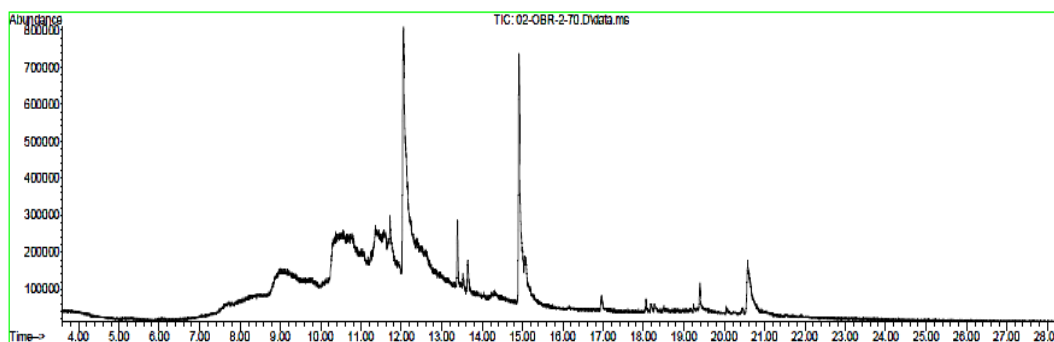


Рис. 1. Хроматограмма этанольного экстракта Подорожника наибольшего.

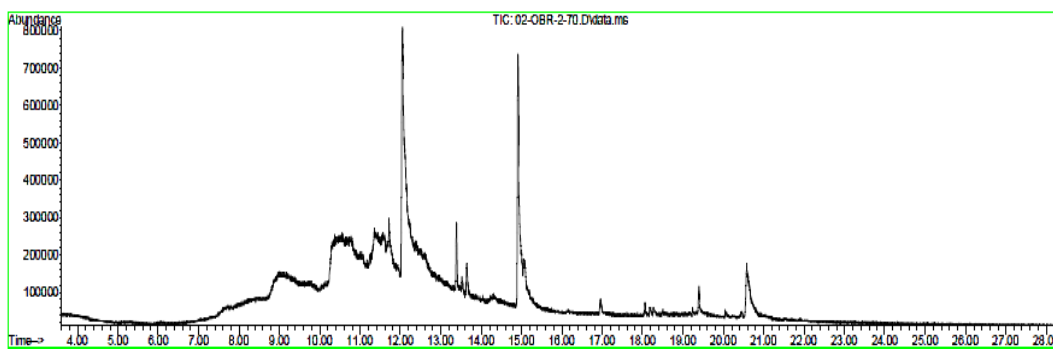


Рис. 2 Хроматограмма этанольного экстракта Подорожника степного.

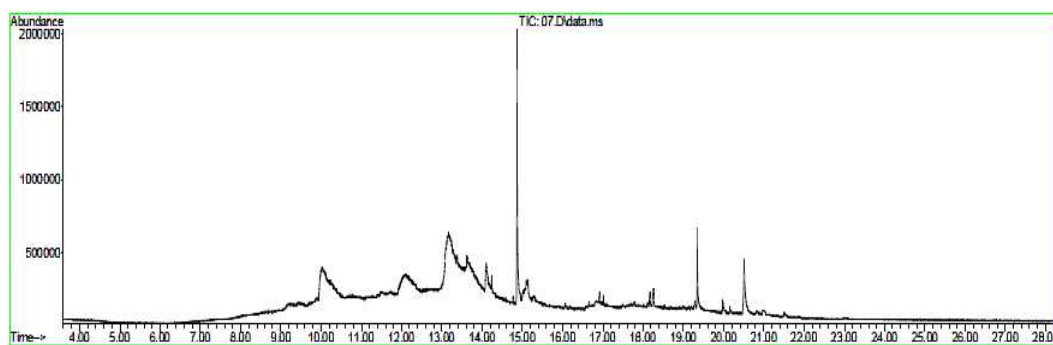


Рис. 3 Хроматограмма этанольного экстракта Вероники седой.

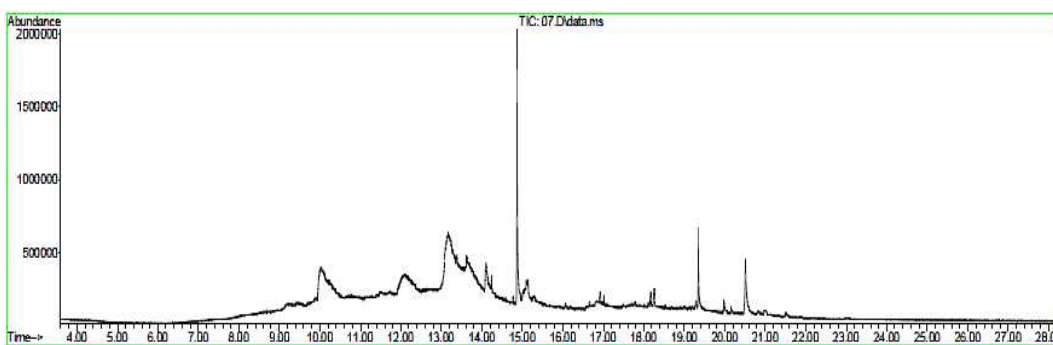


Рис. 4 Хроматограмма этанольного экстракта Вероники длиннолистной.

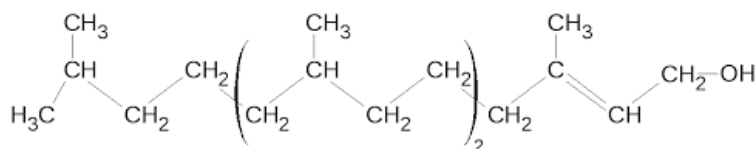
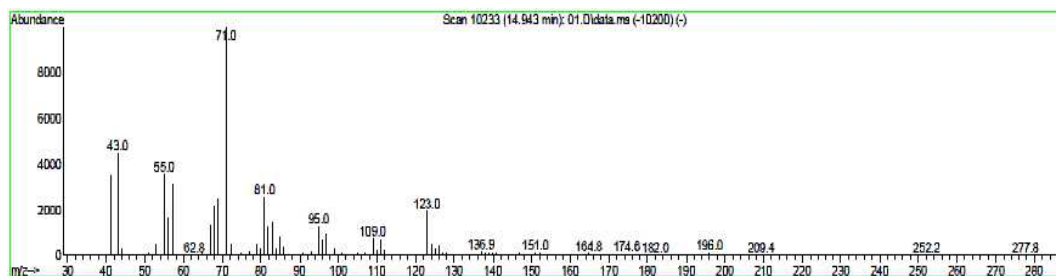


Рис. 5 Масс-спектр и формула фитола

Известно, что вещества группы терпенов представляют подкласс непредельных углеводородов с общей формулой  $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$ , где  $n > 2$  [3, 9]. Однако в живой природе наиболее часто встречаются не полимеры изопрена, а их кислородзамещенные производные, к которым относятся простые и многоатомные спирты, кетоны, альдегиды, простые и сложные эфиры. Таким образом, терпены представлены крайне разнообразной по физическим, химическим и фармакологическим свойствам группой веществ, которую объединяет наличие в структуре изопреновых фрагментов, связанных между собой по типу «голова к хвосту». Четырехчленные полимеры изопрена (дитерпены, диперпеноиды) менее летучи, чем моно- и сесквитерпены и обычно входят в состав растительных смолистых веществ. Дитерпен фитол также входит в состав хлорофилла [8].

Большое разнообразие фармакологических эффектов в сочетании с низкой токсичностью терпенов и их производных обусловило повышенный интерес исследователей к данной группе соединений. Многие современные исследователи склоняются к использованию терпенов как дополнительного компонента в противовоспалительной терапии, что позволяет снизить дозы применяемых нестероидных противовоспалительных средств и повысить безопасность лечения [7]. Разработка трансдермальных систем на основе терпена и противовоспалительных средств имеет большие перспективы внедрения [7, 8].

Фитол – компонент эфирного масла, встречающийся в различных ЛР, в химическом отношении является дитерпеном и представляет собой разветвленную цепь ненасыщенного спирта [9]. Фитол широко распространен в растениях, так как входит в состав хлорофилла (рис. 6):

Еще в середине двадцатого века фитол нашел применение в изготовлении отдушек в производстве косметики, шампуней, гелей для душа, бальзамов, туалетного мыла, а также некоторых бытовых чистящих и моющих средств [3, 10]. Производители считают, что фитол оказывает положительное влияние на рост волос, поэтому его часто добавляют в средства ухода за волосами.

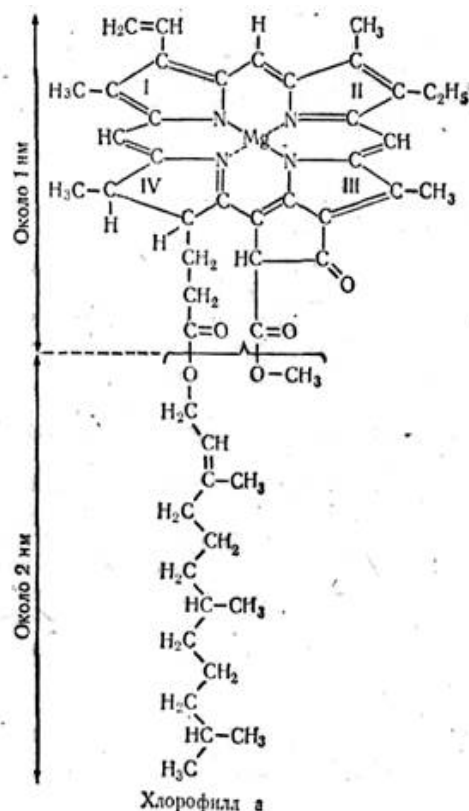


Рис. 6 Структура молекулы хлорофилла

Детальное исследование фармакологических свойств фитола и его производных началось в самом конце двадцатого века и исследования ведутся по настоящее время. В литературе описаны различные виды фармакологического действия фитола и его производных: антиоксидантное, противовоспалительное, антимикробное, антибиотико-химиотерапевтическое, цитотоксическое, противоопухолевое, антимуtagenное, антитератогенное, антидиабетическое, гиполипидемическое, спазмолитическое, противосудорожное, антиконвульсантное, обезболивающее, антидепрессантное и иммуноадьювантное действие [10–18]. В настоящее время изучаются молекулярные механизмы действия фитола. Так, исследователи противосудорожного и анксиолитического действия фитола указывают на его способность модулировать нейромедиаторные системы [16]. Противовоспалительная и редокс-протективная активность в принципе описана для многих представителей группы дитерпенов и механизмы ее изучаются [13, 14, 16]. Некоторые исследователи предполагают, что фитол подавляет воспалительную реакцию путем ингибирования миграции нейтрофилов, что частично обусловлено снижением уровня Ил-1 $\beta$  и ФНО- $\alpha$  и снижением уровня окислительного стресса [2, 19]. Таким образом, фитол можно рассматривать как перспективное вещество в фармакологии.

Следует упомянуть также, что в литературе многократно описано антиоксидантное, цитозащитное, антитоксическое, антиканцерогенное, гипогликемическое и гиполипидемическое действие препаратов вероник и подорожников [4–6]. Возможно, механизм терапевтического действия ЛРС вероник и подорожников частично обусловлен присутствием фитола и его производных в ЛРС. Наличие фитола в препаратах ЛР семейства Plantaginaceae Juss., широко используемых народной медициной России и других стран, предоставляет дополнительную информацию для внедрения ЛРС и совершенствования технологий производства лекарственных препаратов, лечебно-профилактических средств, лечебной косметики и биологически активных добавок.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные методом газовой хроматомасс спектрометрии исследования доказывают присутствие значительных количеств фитола в этанольных извлечениях из сырья (лист и трава) исследуемых видов семейства Plantaginaceae Оренбургской области – *Plantago stepposa* Курт., *Plantago maxima* Juss. ex Jacq., *Veronica incana* L. и *Veronica longifolia* L. Максимальное содержание фитола отмечено в образцах *Veronica incana* L. и *Veronica longifolia* L.
2. Исследуемые растения рода *Plantago* L. и рода *Veronica* L. могут рассматриваться как перспективный источник фитола в южных областях России для разработки лечебно-профилактических препаратов, биологически активных добавок, в производстве косметики и пищевой продукции.

#### Список литературы

1. Chen S. L. Conservation and Sustainable use of Medicinal Plants: problems, Progress, and Prospects / S. L. Chen, H. Yu, H. M. Luo, Q. Wu, C. F. Li, A. Steinmetz // Chinese Medicine. – 2016. – Vol. 11, №. 1. – P. 37.
2. Costa J. P. Anticonvulsant effect of Phytol in a Pilocarpine Model in Mice / J. P. Costa, P. B. Ferreira, D. P. de Sousa, J. Jordan // Neuroscience Letters. – 2012. – Vol. 523, №. 2. – P. 115–118.
3. Islam M. T. Phytol in a Pharma-medico-stance / M. T. Islam, M. V. O. B. de Alencar, K. da Conceição Machado, A. A. de Carvalho Melo-Cavalcante, de Sousa, D. P., R. M. de Freitas // Chemico-Biological Interactions. 2015. – Vol. 240. – P. 60–73.
4. Yernazarova K. B. Biological Features of the Medicinal Plant *Plantago major* L. / K. B. Yernazarova, Z. T. Abdrassulova, S. T. Tuleuhanov, G. A. Tussupbekova, N. N. Salybekova, G. Isayev, H. Ü. S. E. Y. İ. N. Basim // International Journal of Biology and Chemistry. – 2019. – Vol. 12, №. 1. – P. 86–93.
5. Гусев Н. Ф. Биологические особенности и перспективы использования растений рода *Veronica* L. (Сем. Scrophulariaceae Juss.) лесостепного и степного Предуралья: дисс. докт. биол. наук – Оренбургский государственный педагогический университет. – 2010. – 522 с. (in Russ.).
6. Tinkov A. A. *Plantago Maxima* Leaves Extract Inhibits Adipogenic Action of a High-fat diet in Female Wistar Rats / A. A. Tinkov, O. N. Nemereshina, E. V. Popova, V. S. Polyakova, V. A. Gritsenko, A. A. Nikonov // European Journal of Nutrition. – 2014. – Vol. 53, №. 3. – P. 831–842.
7. Arunkumar S. Effect of Terpenes on Transdermal Iontophoretic Delivery of Diclofenac Potassium under Constant Voltage / S. Arunkumar, H. N. Shivakumar, Murthy S. Narasimha // Pharm Dev Technol. – 2018. – Vol. 23(8). – P. 806–814.
8. Nokhodchi A. The Effect of Terpene Concentrations on the Skin Penetration of Diclofenac Sodium. / Nokhodchi A., Sharabiani K., Rashidi M.R., Ghafourian T. // Int J Pharm. – 2007. – Vol. 335(1-2) – P. 97–105.

9. Inoue Y. Biphasic Effects of Geranylgeraniol, Teprenone, and Phytol on the Growth of *Staphylococcus Aureus* / Y. Inoue, T. Hada, A. Shiraishi, K. Hirose, H. Hamashima, S. Kobayashi // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2005. – Vol. 49, №. 5. – P. 1770–1774.
10. Santos C. C. M. P. Antinociceptive and Antioxidant Activities of Phytol in Vivo and in Vitro Models / C. C. D. M. P. Santos, M. S. Salvadori, V. G. Mota, L. M. Costa, A. A. C. de Almeida, G. A. L. de Oliveira, R. N. de Almeida // *Neuroscience Journal*. – 2013. – P. 2013.
11. Alencar M. V. O. B. Association of Phytol with Toxic and Cytotoxic Activities in an Antitumoral Perspective: A Meta-Analysis and Systemic Review / M. V. Alencar, M. T. Islam, E. S. Ali, J. V. Santos, M. F. Paz, J. Sousa, A. A. Cavalcante // *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*. – 2018. – Vol. 18, №. 13. – P. 1828–1837.
12. Elmazar M. M. Phytol/Phytanic acid and Insulin Resistance: Potential Role of Phytanic Acid Proven by Docking Simulation And Modulation of Biochemical Alterations / M. M. Elmazar, H. S. El-Abhar, M. F. Schaalan, N. A. Farag, // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8, №. 1. – P. e45638.
13. Goto T. Phytol Directly Activates Peroxisome Proliferator-Activated Receptor  $\alpha$  (PPAR $\alpha$ ) and Regulates Gene Expression Involved in Lipid Metabolism in PPAR $\alpha$ -expressing HepG2 hepatocytes / T. Goto, N. Takahashi, S. Kato, K. Egawa, S. Ebisu, T. Moriyama, T. Kawada // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2005. – Vol. 337, №. 2. – P. 440–445.
14. Tang X. H. Cell Proliferation Inhibition And Alterations in Retinol Esterification Induced by Phytanic Acid and Docosahexaenoic Acid / X. H. Tang, M. J. Suh, R. Li, L. J. Gudas // *Journal of Lipid Research*. – 2007. – Vol. 48, №. 1. – P. 165–176.
15. Kumar S. Medicinal Plant Resources: Manifestation and Prospects of Life-Sustaining Healthcare System / S. Kumar, R. Kumar, A. Khan // *Cont. J. Biol. Sci.* – 2011. – Vol. 4, №. 1. – P. 19–29.
16. Pejcin B. Further in Vitro Evaluation of Antiradical and Antimicrobial Activities of Phytol / B. Pejcin, A. Savic, M. Sokovic, J. Glamoclija, A. Ciric, M. Nikolic, M. Mojovic // *Natural Product Research*. – 2014. – Vol. 28, №. 6. – P. 372–376.
17. Wei L. S. Characterization of Anticancer, Antimicrobial, Antioxidant Properties and Chemical Compositions of *Peperomia Pellucida* Leaf Extract / L.S. Wei, W. Wee, J. Y. F. Siong, D. F. Syamsumir // *Acta Medica Iranica*. – 2011. – P. 670–674.
18. Costa J. P. Anxiolytic-like Effects of Phytol: Possible Involvement of GABAergic Transmission / J. P. Costa, G. A. L. de Oliveira, A. A. C. de Almeida, M. T. Islam, D. P. de Sousa, R. M. de Freitas // *Brain Research*. – 2014. – T. 1547. – P. 34–42.
19. Silva R. O. Phytol, a Diterpene Alcohol, Inhibits the Inflammatory Response by Reducing Cytokine Production and Oxidative Stress. / R. O. Silva, F. B. M. Sousa, S. R. Damasceno, N. S. Carvalho, V. G. Silva, F. R. M. Oliveira, J. V. R. Medeiros // *Fundamental & Clinical Pharmacology*. – 2014. – Vol. 28, №. 4. – P. 455–464.

## **ABOUT THE CONTENT OF TERPENES IN MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS OF THE SOUTHERN URALS**

*Nemereshina O. N.<sup>1</sup>, Gusev N. F.<sup>2</sup>, Malkova T. L.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Orenburg state medical University, Orenburg, Russian Federation,*

<sup>2</sup>*Orenburg state agrarian University, Orenburg, Russian Federation,*

<sup>3</sup>*Perm state pharmaceutical Academy, Perm, Russian Federation*

*E-mail: olga.nemerech@gmail.com*

Wild medicinal plant raw materials of plants of the family *Plabtaginaceae Juss.* It has been used in the medical practice of the peoples of Russia and other countries for many centuries. Nevertheless, an extensive complex of biologically active substances produced and accumulated by plants of this family is being studied at the present time. One of the



important groups of natural pharmacologically active compounds are representatives of a large group of terpenes. The interest of researchers in this group of substances is due to the variety of pharmacological effects of terpenes combined with low toxicity. During the study, a representative of the group of phytol diterpenes was found in ethanol extracts from plants of the family *Plantaginaceae* Juss., growing in the steppe zone of the Southern Urals. To detect phytol in medicinal plant raw materials, a gas chromatography mass spectrometry method was used using an Agilent 7890A gas chromatograph with an HP-5ms capillary column and an Agilent 5975C mass spectrometric detector (USA). Phytol is contained in ethanol extracts from the raw materials (leaf) of the *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. and the *P. stepposa* Kupr.. Phytol is also contained in the raw materials (grass) of *Veronica incana* L. and *V. longifolia* L., as well as the above species belonging to the family *Plantaginaceae* Juss.. The highest phytol content is characterized by *V. longifolia* and *V. incana*, then in the descending row is the species *P. maxima* and *P. stepposa*. The presence of phytol in extracts from the raw materials of plants of the *Plantaginaceae* family explains some types of pharmacological action of *Plantago* and *Veronica* drugs mentioned in literary sources. The raw materials of plants of the plantain family represent a valuable biological resource of the Southern Urals, for introduction and use in medical practice, food and cosmetics production, as well as in agriculture. Phytol and its derivatives exhibit antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, antibiotic-chemotherapeutic, cytotoxic, antitumor, antimutagenic, antiteratogenic, antidiabetic, hypolipidemic, antispasmodic, anticonvulsant, analgesic, antidepressant and immunoadjuvant effects. At the same time, the scientific literature describes the antioxidant, cytoprotective, antitoxic, anticarcinogenic, hypoglycemic, and hypolipidemic effects of plant preparations from the *Plantaginaceae* Juss. The information provided can be used to introduce the studied medicinal plants for the production of medicines, therapeutic and prophylactic agents, medical cosmetics and dietary supplements.

**Keywords:** medicinal plants, biologically active substances, phytol, terpenes, *Plantago maxima*, *Plantago stepposa*, *Veronica longifolia*, *Veronica incana*.

#### References

1. Chen S. L., Yu H., Luo H. M., Wu Q., Li C. F., Steinmetz A. Conservation and Sustainable use of Medicinal Plants: problems, Progress, and Prospects. *Chinese Medicine*, **11**, 1, 37. (2016).
2. Costa J. P., Ferreira P. B., de Sousa D. P., Jordan J., Freitas R. M. Anticonvulsant effect of Phytol in a Pilocarpine Model in Mice. *Neuroscience letters*, **523**, 2, 115 (2012).
3. Islam M. T. et al. Phytol in a Pharma-medico-stance. *Chemico-Biological Interactions*, **240**, 60 (2015).
4. Yernazarova K. B., Abdrassulova Z. T., Tuleuhanov S. T., Tussupbekova G. A., Salybekova N. N., Isayev G., Basim H. Ü. S. E. Y. İ. N. Biological Features of the Medicinal Plant *Plantago major* L. *International Journal of Biology and Chemistry*, **12**, 1, 86 (2019).
5. [Gusev N. F. Biologicheskie osobennosti i perspektivy ispol'zovaniya rastenij roda *Veronica* L. (Cem. Scrophulariaceae Juss.) lesostepnogo i stepnogo Predural'ya: dissertaciya doktora biologicheskikh nauk. – Orenburgskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, 2010. – 522 p.] (in Russ.).
6. Tinkov A. A., Nemereshina O. N., Popova E. V., Polyakova V. S., Gritsenko V. A., & Nikonov A. A. *Plantago Maxima* Leaves Extract Inhibits Adipogenic Action of a High-fat diet in Female Wistar Rats. *European Journal of Nutrition*, **53**, 3, 831 (2014).
7. Arunkumar S, Shivakumar H. N., Narasimha Murthy S. Effect of Terpenes on Transdermal Iontophoretic Delivery of Diclofenac Potassium under Constant Voltage. *Pharm Dev Technol.*, **23**(8), 806 (2018).

8. Nokhodchi A., Sharabiani K., Rashidi M.R., Ghafourian T. The Effect of Terpene Concentrations on the Skin Penetration of Diclofenac Sodium. *Int J Pharm.*, **335**(1-2), 97 (2007).
9. Inoue Y., Hada T., Shiraishi A., Hirose K., Hamashima H., Kobayashi S. Biphasic Effects of Geranylgeraniol, Terpenone, and Phytol on the Growth of *Staphylococcus Aureus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, **49**, 5, 1770 (2005).
10. Santos C. C. D. M. P., Salvadori M. S., Mota, V. G., Costa L. M., de Almeida A. A. C., de Oliveira G. A. L., ... & de Almeida R. N. Antinociceptive and Antioxidant Activities of Phytol in Vivo and in Vitro Models. *Neuroscience Journal*, 2013 (2013).
11. Alencar M. V., Isla, M. T., Al, E. S., Santo, J. V., Pa, M. F., Sousa J., Cavalcante A. A. Association of Phytol with Toxic and Cytotoxic Activities in an Antitumoral Perspective: A Meta-Analysis and Systemic Review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, **18**, **13**, 1828 (2018).
12. Elmazar M. M., El-Abhar H. S., Schaalán M. F., Farag N. A. Phytol/Phytanic acid and Insulin Resistance: Potential Role of Phytanic Acid Proven by Docking Simulation And Modulation of Biochemical Alterations. *PLoS One.*, **8**, **1**, e45638. (2013).
13. Takahashi N., Goto T., Taimatsu A., Egawa K., Katoh S., Kusudo T., Kawada T. Phytol Directly Activates Peroxisome Proliferator-Activated Receptor  $\alpha$  (PPAR $\alpha$ ) and Regulates Gene Expression Involved in Lipid Metabolism in PPAR $\alpha$ -expressing HepG2 hepatocytes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **337**, **2**, 440 (2005).
14. Tang X. H., Suh M. J., Li R., Gudas L. J. Cell Proliferation Inhibition And Alterations in Retinol Esterification Induced by Phytanic Acid and Docosahexaenoic Acid. *Journal of Lipid Research.*, **48**, **1**, 165 (2007).
15. Kumar S., Kumar R., Khan A. Medicinal Plant Resources: Manifestation and Prospects of Life-Sustaining Healthcare System. *Cont. J. Biol. Sci.*, **4**, **1**, 19 (2011).
16. Pejin B., Savic A., Sokovic M., Glamoclija J., Ciric A., Nikolic M., Mojovic M. Further in Vitro Evaluation of Antiradical and Antimicrobial Activities of Phytol. *Natural Product Research.*, **28**, **6**, 372 (2014).
17. Wei L. S., Wee W., Siong J. Y. F., Syamsumir D. F. Characterization of Anticancer, Antimicrobial, Antioxidant Properties and Chemical Compositions of *Peperomia Pellucida* Leaf Extract. *Acta Medica Iranica.*, 670 (2011).
18. Costa J. P., de Oliveira G. A. L., de Almeida A. A. C., Islam M. T., de Sousa D. P., de Freitas R. M. Anxiolytic-like Effects of Phytol: Possible Involvement of GABAergic Transmission, *Brain research.*, **1547**, 34 (2014).
19. Silva R. O., Sousa F. B. M., Damasceno S. R., Carvalho N. S., Silva V. G., Oliveira F. R. M., Medeiros J. V. R. Phytol, a diterpene alcohol, inhibits the inflammatory response by reducing cytokine production and oxidative stress. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, **28**, **4**, 455 (2014).

**УДК 612:796**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-171-182**

## **РЕГУЛЯТОРНЫЕ МАРКЕРЫ ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ СПОРТСМЕНОК**

*Погодина С. В., Юферев В. С., Епишкин И. В.*

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: igor.epishkin@gmail.com*

Представлена авторская методика определения регуляторных маркеров изменений функционального состояния системы дыхания спортсменок с использованием периодограммного Фурье анализа дыхательного ритма (ДР). Обследованы высококвалифицированные спортсменки 16–26 лет с овариально-менструальным циклом (ОМЦ) и 37–45 лет с ановуляторным менструальным циклом (АМЦ). Установлены достоверные изменения величин периодов дыхательного цикла в течение ОМЦ (дыхание на высокой частоте с 13-го по 16-й день, на низкой частоте с 8-го по 9-й день от начала МЦ) и АМЦ (дыхание на высокой частоте с 20-го по 22-й день от начала МЦ). Данные изменения были сопряжены с изменениями активности симпатических и парасимпатических влияний, выявленных при анализе вариабельности сердечного ритма (ВСР). Определены значимые корреляционные взаимосвязи между показателями дыхания и ВСР. Периодограммный анализ ДР является более точным в прогнозе функциональных сдвигов в системе дыхания спортсменок в течение МЦ.

**Ключевые слова:** регуляторные маркеры, система дыхания, дыхательный ритм, периодограммный анализ Фурье, периоды менструального цикла, высококвалифицированные спортсменки 16–45 лет.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение физиологических особенностей регуляции вегетативных функций в организме человека при разных эндогенных условиях является одним из наиболее актуальных научных аспектов общей и прикладной физиологии, поскольку касается исследования управляющих механизмов и возможности их коррекции [1]. Известно, что исследование центральных механизмов регуляции дыхания методически очень сложно и требует специального дорогостоящего лабораторного оборудования [2]. Поэтому чаще всего оценку регуляторных процессов в системе дыхания осуществляют на основе анализа вентиляторных показателей, характеризующих изменения зависимости поток-объем и объем-время при патологических отклонениях [3]. Несмотря на все положительные стороны этой методики, она имеет ряд недостатков, касающихся сложности выявления текущих функциональных изменений в системе дыхания, обусловленных физиологическими отклоняющими условиями в организме – например, такими как периодические нейрогормональные изменения в менструальном цикле женщины [4]. Данные литературы свидетельствуют о необходимости мониторинга дыхательных функций

и их респираторной поддержки в разные периоды менструального цикла (МЦ) у высококвалифицированных спортсменок, так как стабильная эффективная регуляция дыхания обеспечивает высокий уровень реализации биоэнергетических возможностей организма при напряженной мышечной деятельности [5].

Для выявления текущих физиологических отклонений в регуляции системы дыхания спортсменок имеются следующие теоретические предпосылки. Частота дыхания, и определяемый ею дыхательный ритм, являются результатом многоконтурного управления регуляторными системами [6]. Ведущим регуляторным контуром в системе дыхания является вегетативная нервная регуляция [7]. В менструальном цикле женщины имеют место периоды с преобладанием влияний симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС) [8]. Основным структурным компонентом дыхательного ритма является длительность дыхательного цикла, которая формирует паттерны дыхания и коррелирует с показателями вегетативного баланса. Дыхательный ритм является периодическим процессом, и поэтому может быть исследован с использованием методов математического анализа для оценки текущих регуляторных изменений в разные периоды МЦ [9].

Целью работы явилось изучение возможности оценки периодических регуляторных изменений в системе дыхания спортсменок путем математического анализа сигналов фонограммы дыхательного ритма и сопоставление сигнальных показателей с уровнем дыхательных функций.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование проведено в возрастных группах профессиональных спортсменок (Мастера спорта, Мастера спорта международного класса,  $n=48$ ), тренирующихся в видах спорта с преимущественным развитием аэробной выносливости (длинные дистанции спортивного плавания, легкой атлетики и велоспорта) и имеющих разный характер нейрогормональной регуляции МЦ [10]: овариально-менструальный цикл (ОМЦ), (спортсменки 16-26 лет,  $n=32$ ); ановуляторный менструальный цикл (АМЦ) (спортсменки 37-45 лет,  $n=16$ ). Продолжительность МЦ 28-32 дня. Изучение исследуемых показателей осуществлялось в разные периоды МЦ – за менструальный период принимали 1-2-й день от начала МЦ, за постменструальный 8-9-й день, за овуляторный 13-16-й день, за постовуляторный 20-22-й день, за предменструальный 26-27-й день.

Протокол исследования включал в себя три эмпирические серии. Серия исследований структуры дыхательного ритма спортсменок проводилась по методике, которая предусматривала запись фонограммы дыхания с помощью микрофона на цифровой носитель (рис. 1) [11].

Источник звука, образовывался при поступлении в носоглотку человека вдыхаемого и выведении из неё выдыхаемого воздуха. Микрофон фиксировался напротив входа в носовую полость. Для математической обработки фонограммы использовалась компьютерная программа для выявления периодических сигналов во временных рядах [12]. На вход программе подавались записанные данные дыхания, которые исследовались на наличие периодичности. На выходе программа определяла

наличие разных периодов во временных рядах исследуемого периодического процесса. Математическая обработка фонограммы дыхания проводилась с использованием параметрического периодограммного анализа Фурье [13].

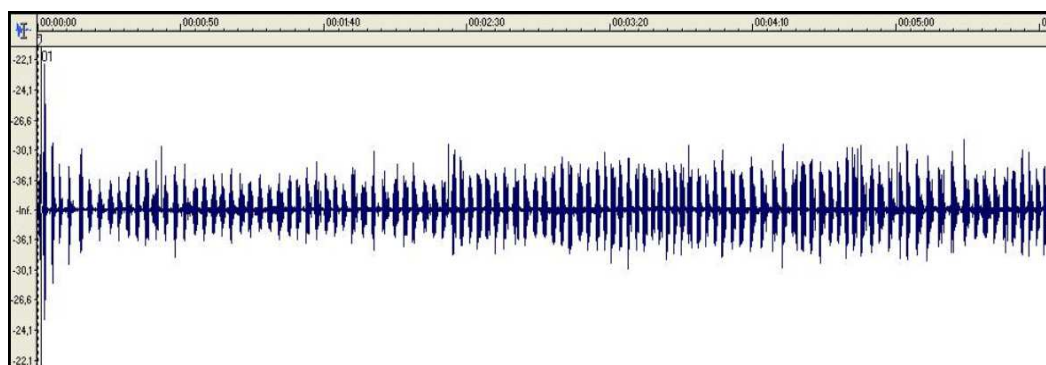


Рис.1. Фрагмент фонограммы дыхания в состоянии покоя

В серии исследований вегетативной нервной регуляции использовали технологию анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) с помощью восьмиканального тетраполярного реографа РЕОКОМ Стандарт (производство ХАИ-МЕДИКА, Украина). ВСР изучали путем записи 5-минутных фрагментов электрокардиограммы и анализа кардиоинтервалограмм (КИГ) [14]. В свою очередь для анализа волновой структуры ритма сердца применяли спектральный анализ. Определяли мощность и соотношение трех видов волн разной частотной характеристики: HF ( $\text{мс}^{-2}$ ) – с высокочастотными колебаниями в границах от 0,15 до 0,4 Гц, LF ( $\text{мс}^{-2}$ ) низкочастотными колебаниями в границах от 0,04 до 0,15 Гц и VLF ( $\text{мс}^{-2}$ ) – с колебаниями очень низкой частоты – в границах от 0 до 0,04 Гц.

Исследование функций системы внешнего дыхания проводили спиропневмотахометрическим методом с помощью спирометра пневмотахометрического типа SPIROBANK G (производство Италия), с последующей компьютерной обработкой регистрируемых показателей. В качестве исследуемых показателей вентиляции использовали: объем лёгочной вентиляции ( $V_E$ , л), относительный объем лёгочной вентиляции ( $V_E$ ,  $\text{мл}\cdot\text{кг}^{-1}$ ), дыхательный объем ( $V_T$ , мл), относительный дыхательный объем ( $V_T$ ,  $\text{мл}\cdot\text{кг}^{-1}$ ), частоту дыхания ( $f_T$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ). Все объёмные показатели приведены к условиям ВTPS. Определение газового состава выдыхаемого воздуха проводили с использованием оптико-акустического газоанализатора двуокиси углерода Кедр-1А (Россия) и термохимического газосигнализатора кислорода «Щит-3» (Украина). Изучали следующие показатели: напряжение кислорода в выдыхаемом воздухе ( $\text{PEO}_2$ , мм рт. ст.), напряжение двуокиси углерода в выдыхаемом воздухе ( $\text{PECO}_2$ , мм рт. ст.), скорость потребления кислорода ( $\text{VO}_2$ , мл/мин), скорость выделения двуокиси углерода ( $\text{VCO}_2$ , мл/мин), газообменное отношение ( $\text{VCO}_2/\text{VO}_2$ , усл. ед.), вентиляторный эквивалент кислорода ( $\text{ВЭО}_2$ , усл. ед.), вентиляторный эквивалент двуокиси углерода ( $\text{ВЭCO}_2$ , усл. ед.), кислородную стоимость дыхательного цикла ( $\text{VO}_2/f$ , мл/мин/цикл). Все газообменные

показатели приведены к условиям STPD. Для изучения вегетативных и вентиляторных реакций использовали условия стандартного велоэргометрического теста ступенчато-возрастающей нагрузки с выполнением не менее 5-минут физической работы в следующих режимах (W): аэробный (восстанавливающий)  $W_1$  – 50 Вт, ЧСС – 130–140 уд/мин), аэробно-анаэробный (развивающий)  $W_2$  – 100–120 Вт, ЧСС 150–160 уд/мин), анаэробно-аэробный ( $W_3$  – 150–220 Вт, ЧСС – 170–185 уд/мин) [2]. Полученный цифровой материал обрабатывали на персональном компьютере используя программы STATISTICA 10.0 и «OriginPro 8.5.1». Проверка соответствия распределения статистических данных закону нормального распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Статистическую обработку материала проводили путём вычисления среднего значения исследуемых величин и ошибки среднего арифметического. Статистически значимые различия между выборками определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми различия считали при  $p < 0,05$ . Также использовали корреляционный анализ, в котором оценка взаимосвязи исследуемых показателей осуществлялась определением коэффициента корреляции (r) Пирсона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В серии исследований амплитудно-частотных характеристик выходных колебаний волновой структуры периодограммы дыхательного ритма спортсменов методом Фурье-анализа определяли наличие основного периода дыхательного цикла на периодограмме, что проявлялось в присутствии ярко-выраженного пика в определенной полосе частот. В случае, показанном на рис. 2, пик в середине периодограммы указывает на присутствие в дыхательном ритме периода, на частоте ( $\nu$ ) равной  $0,4 \text{ с}^{-1}$ . Если учесть, что  $\nu = 1/t$  периода, где  $\nu$  – частота, а  $t$  – время периода, то время периода будет равно 2,5 с.

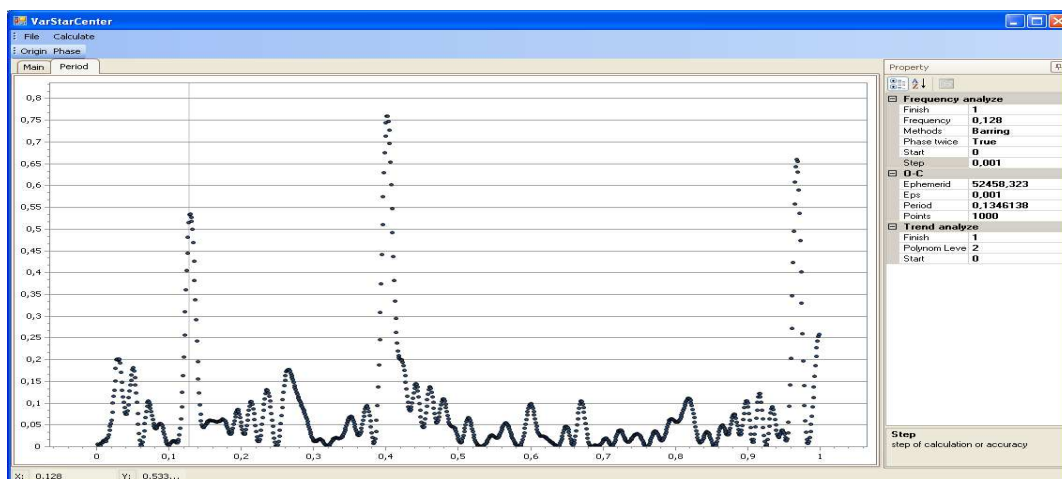


Рис. 2. Периодограмма дыхательного ритма, полученная в результате преобразования Фурье.

Было отмечено, что в разные периоды МЦ частота дыхания спортсменов изменяется. Так, у спортсменов с ОМЦ дыхание на сравнительно высокой частоте ( $0,36 \pm 0,175 \text{ с}^{-1}$ ) регистрировали в период с 13-го по 16-й день, что говорит об укорочении длительности дыхательного цикла и учащении дыхания в данный период времени. В свою очередь дыхание на сравнительно низкой частоте ( $0,19 \pm 0,138 \text{ с}^{-1}$ ) отмечали в период с 8-го по 9-й день, что свидетельствует об увеличении длительности дыхательного цикла и об урежении дыхания. Для спортсменов с АМЦ характерным явилось постепенное повышение частоты дыхания от начала АМЦ к периоду с 20-го по 22-й день ( $0,33 \pm 0,021 \text{ с}^{-1}$ ) и снижение частоты дыхания в период с 26-го по 27-й день ( $0,23 \pm 0,021 \text{ с}^{-1}$ ).

В серии исследований ВСП изучали процессы нервной вегетативной регуляции и далее изменения в ритме дыхания сопоставляли с активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС в разные периоды МЦ. Значения мощности LF- и HF-волн, характеризующих степень симпатических и парасимпатических влияний, свидетельствовали о том, что в возрастных группах спортсменов в состоянии покоя имело место сопряжённое повышение тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС в периоды первой половины МЦ и сопряжённое их снижение во второй половине цикла [15]. Отсутствие соответствия между динамикой изменений частоты дыхания и сдвигов вегетативной нервной регуляторной активности указывает на разные степени стационарности динамических рядов и отражает различия в регуляции кровообращения и дыхания в исходном состоянии.

Таблица 1.

Изменение частоты дыхания ( $\dot{v}$ ) в разные периоды ОМЦ и АМЦ

Дни МЦ	ОМЦ $\dot{v}$ ( $\text{с}^{-1}$ )	АМЦ $\dot{v}$ ( $\text{с}^{-1}$ )
1–3 день	$0,23 \pm 0,051$	$0,26 \pm 0,007$
8–9 день	$0,19 \pm 0,138^*$	$0,28 \pm 0,012^*$
13–16 день	$0,36 \pm 0,075^{***}$	$0,31 \pm 0,053^*$
20–22 день	$0,26 \pm 0,057^{**}$	$0,33 \pm 0,021^*$
26–27 день	$0,24 \pm 0,094$	$0,23 \pm 0,021^{**}$

Примечание: достоверные различия указаны по отношению к показателям предыдущего периода МЦ, \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ .

В то же время факт влияния периодов МЦ на вегетативный тонус может обуславливать изменение характера вегетативных реакций. В связи с этим дозированная высокоинтенсивная физическая нагрузка может явиться критерием, определяющим истинный уровень нервной регуляции. Определение вегетативного тонуса во время интенсивной мышечной работы в режимах  $W_2$  и  $W_3$  показало, что кинетика вегетативных реакций находится в причинно-следственных отношениях с динамикой частоты дыхания. Сопоставление данных ВСП и периодограмм дыхания, указывает на совпадение периодов дыхательного цикла в сравнительно высоком диапазоне частот и реакцией, связанной с повышением симпатического тонуса во

время высокоинтенсивной мышечной работы в режиме  $W_3$ , что у спортсменок с ОМЦ приходится на период с 13-го по 16-й день, а у спортсменок с АМЦ на период с 20-го по 22-й день. В свою очередь совпадение периодов дыхательного цикла в сравнительно высоком диапазоне частот и реакцией, связанной с повышением парасимпатического тонуса во время нагрузки, регистрировали у спортсменок с ОМЦ в период с 8-го по 9-й день (рис. 3).

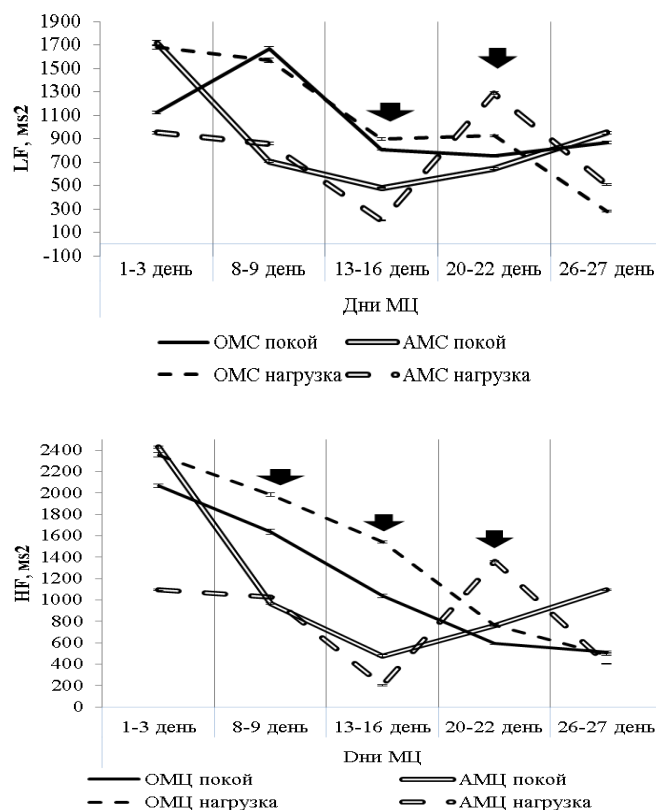


Рис. 3. Достоверные изменения ( $\downarrow$ ) спектральных характеристик variability сердечного ритма у высококвалифицированных спортсменок в разные периоды ОМЦ и АМЦ в исходном состоянии и при мышечной работы в режиме  $W_3$ .

Результаты серии исследований функций внешнего дыхания показали, что перестройки в структуре вентиляторной реакции значительно выражены в периоды ОМЦ и АМЦ, для которых характерным явились изменения диапазона частоты дыхания. Так, уже в условиях выполнения физической работы в режиме  $W_2$  у спортсменок с ОМЦ установлен фазовый овуляторный сдвиг в сторону усиления лёгочной вентиляции и газообменных процессов, повышения  $VO_2$  в дыхательном цикле, формирование условий для напряжения кислородного режима и, в частности, для снижения его экономичности. Так, прирост величины показателя  $V_E$  ( $699,72 \pm 12,04$  %,  $p < 0,05$ ) в период овуляции был наибольшим. Аналогичная



тенденция выявлена и в отношении показателей  $V_T$  и  $f_T$ , которая выражалась в наибольшем их приросте в период овуляции (рис. 4).

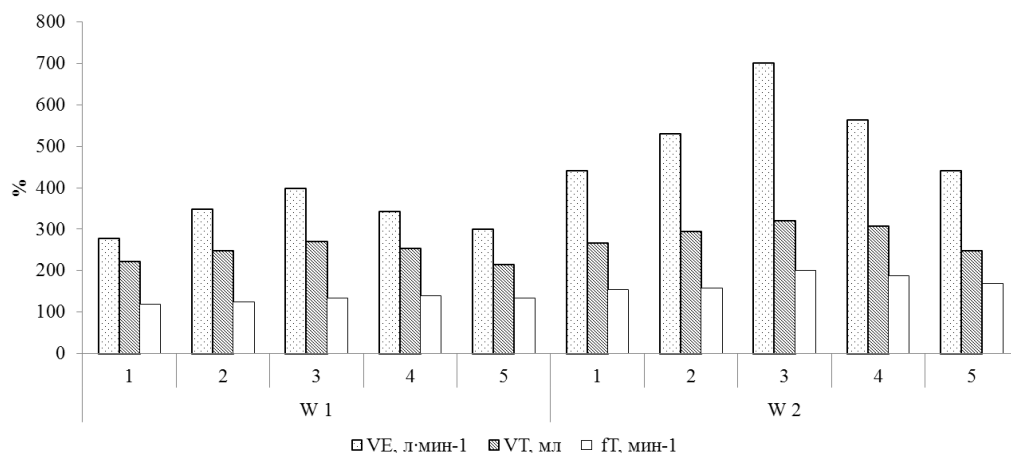


Рис. 4. Особенности изменения параметров вентиляции и газообмена у высококвалифицированных спортсменок в разные периоды ОМЦ в различных пороговых режимах нагрузки (изменения выражены в % от исходного уровня, принятого за 100 %)

Примечание:  $W_1$  – аэробный режим;  $W_2$  – анаэробно-аэробный режим; 1 – 1–3 день, 2 – 8–9 день, 3 – 13–16 день, 4 – 20–22 день, 5 – 26–27 день от начала ОМЦ.

В период с 8-го по 9-й день в условиях режима работы  $W_2$  установлена достоверно низкая величина интенсивности элиминации  $V_{CO_2}$  ( $2398,39 \pm 15,12$  мл\*мин<sup>-1</sup>,  $p < 0,05$ ), что способствует удержанию его оптимальных величин в организме. При данных условиях газового режима вентиляторные эквиваленты поддерживаются на оптимальном стабильном уровне, тогда как энергетическая стоимость дыхания ( $VO_2/f$ ) снижается до  $80,13 \pm 1,14$  мл/мин/цикл,  $p < 0,05$  (рис. 5). У спортсменок с АМЦ отмечали постепенное усиление вентиляции и газообмена в период с 20-го по 22-й день (рис. 6). Так, в данный период АМЦ в условиях режима работы  $W_2$  наибольший прирост показателя  $V_E$  выявлен в период с 20–22 день ( $880,14 \pm 15,21$  %,  $p < 0,01$ ), а наименьший – в период с 26–27 день ( $439,07 \pm 13,05$  %,  $p < 0,05$ ). Также в период с 20–22 день выявлен наибольший прирост интенсивности  $V_{CO_2}$  ( $809,45 \pm 16,03$  %,  $p < 0,05$ ). В свою очередь наименьший прирост  $V_{CO_2}$  наблюдался в период с 26–27 день ( $465,19 \pm 11,52$  %,  $p < 0,05$ ).

Высокий реактивный ответ  $V_E$  и вызванное этим значительное повышение вентиляторных эквивалентов в период с 20-го по 22-й день обуславливали падение эффективности дыхательных паттернов. Очевидно, основной причиной снижения эффективности дыхания в период с 20-го по 22-й день явилась высокая частота дыхания (период дыхательного цикла находился на периодограмме в сравнительно высоком диапазоне частот  $0,33 \pm 0,021$  с<sup>-1</sup>), что повлекло за собой повышение вентиляторных эквивалентов при высокоинтенсивной работе в режиме  $W_2$  (рис. 7).

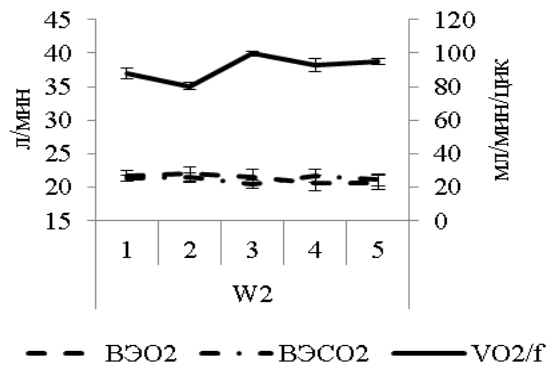


Рис. 5. Особенности изменения величин вентиляционных эквивалентов (ВЭО<sub>2</sub> и ВЭСО<sub>2</sub>) и кислородной стоимости дыхательного цикла (VO<sub>2</sub>/f), ( $\bar{x} \pm Sx$ ) у высококвалифицированных спортсменок в разные периоды ОМЦ в условиях режима работы W<sub>2</sub>

Примечание: 1 – 1–3 день, 2 – 8–9 день, 3 – 13–16 день, 4 – 20–22 день, 5 – 26–27 день от начала МЦ.

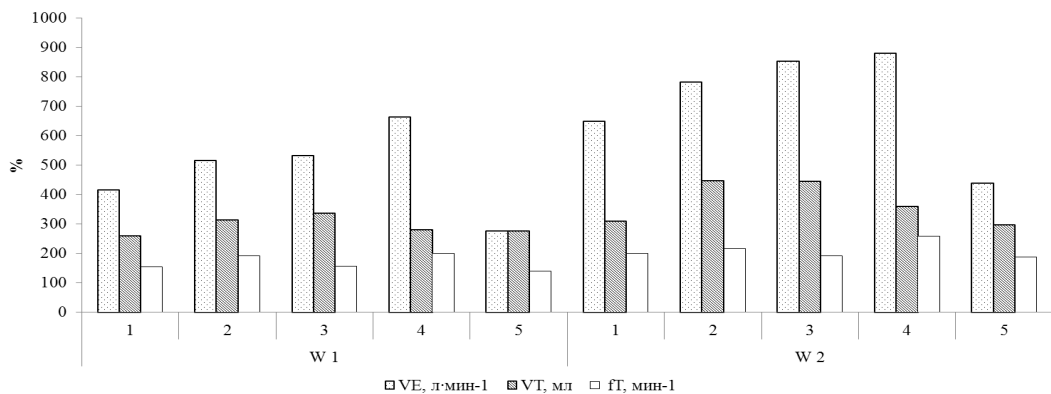


Рис.6. Особенности изменения параметров вентиляции и газообмена у высококвалифицированных спортсменок в разные периоды АМЦ в условиях пороговых режимов нагрузки (изменения выражены в % от исходного уровня, принятого за 100 %)

Примечание: W<sub>1</sub> – аэробный режим; W<sub>2</sub> – анаэробно-аэробный режим; 1 – 1–3 день, 2 – 8–9 день, 3 – 13–16 день, 4 – 20–22 день, 5 – 26–27 день от начала МЦ.

Для детального анализа причин, обуславливающих изменения вентиляторных и газовых параметров в разные периоды ОМЦ и АМЦ необходимо их сопоставить с показателями вегетативной регуляции. Для этого был проведён корреляционный анализ между параметрами системы дыхания и спектральными показателями блока

ВСП. Установлены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) положительные корреляционные взаимосвязи между  $V_E$ ,  $V_E$ ,  $VO_2$  и LF-компонентом (соответственно  $r=0,81$ ;  $0,69$ ;  $0,92$ ) в период овуляции, что говорит о влиянии симпатической активности на усиление вентиляторных параметров и объясняет высокую реактивность системы дыхания в данный период МЦ. В свою очередь в первой половине ОМЦ выявлены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) отрицательные корреляционные взаимосвязи между  $V_E$ ,  $V_T$ ,  $VO_2$ ,  $VCO_2$  и HF-компонентом в период с 8-го по 9-й день ( $r= -0,91$ ;  $-0,57$ ;  $-0,75$ ,  $-0,66$ ). То есть относительное снижение элиминации  $VCO_2$  в данный период ОМЦ можно связать со сравнительно высоким тонусом парасимпатической нервной системы.

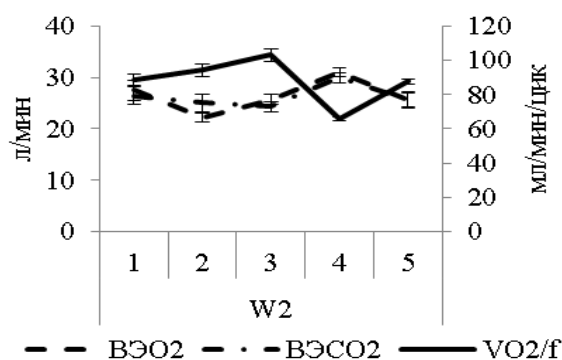


Рис. 7. Особенности изменений величин вентиляционных эквивалентов ( $ВЭО_2$  и  $ВЭСО_2$ ) и кислородной стоимости дыхательного цикла ( $VO_2/f$ ), ( $\bar{x} \pm Sx$ ) у высококвалифицированных спортсменок с АМЦ в условиях режима работа  $W_2$ .  
Примечание: 1 – 1–3 день, 2 – 8–9 день, 3 – 13–16 день, 4 – 20–22 день, 5 – 26–27 день от начала МЦ.

При анализе статистически значимых ( $p < 0,05$ ) взаимосвязей вентиляторных параметров  $V_E$ ,  $V_T$  и параметра LF у спортсменок с АМЦ выявлено постепенное повышение значений  $r$  между данными показателями в менструальном, постменструальном, овуляторном и постовуляторном периодах (соответственно  $r$  при взаимосвязи LF -  $V_E$ :  $0,35$ ;  $0,59$ ,  $0,97$ ,  $0,99$ ; соответственно  $r$  при взаимосвязи LF -  $V_T$ :  $0,25$ ,  $0,35$ ,  $0,99$ ,  $1$ ), и изменение знака коэффициентов корреляции на отрицательный в предменструальный период ( $r= -0,87$ ). Аналогичная тенденция отмечена и в статистически значимых ( $p < 0,05$ ) корреляционных взаимосвязях  $VO_2 - LF$  (соответственно в менструальном, постменструальном, овуляторном и постовуляторном периодах  $r=0,5$ ,  $r=0,6$ ,  $r=0,87$ ,  $r=0,92$ ). Таким образом, имеющиеся корреляционные взаимосвязи между вентиляторными и газообменными параметрами и показателями вегетативной регуляции свидетельствуют о сопряжённом изменении вегетативного баланса и дыхательных функций у спортсменок в течение ОМЦ и АМЦ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В структуре дыхательного ритма спортсменок 16–45 лет в разные периоды ОМЦ и АМЦ выявлены статистически значимые изменения диапазонов частоты дыхания.
2. Значимые изменения величин периодов дыхательного цикла на периодограмме дыхательного ритма спортсменок соотносятся с периодическими изменениями активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС в течение ОМЦ и АМЦ.
3. В периодах овуляторного и ановуляторного менструального цикла, в которых характерны сдвиги частоты дыхания и симпато-парасимпатического баланса установлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи между показателями дыхания и вариабельности сердечного ритма, что позволяет высказать предположение об однонаправленном регуляторном влиянии вегетативной нервной системы на дыхательный ритм.
4. Использование периодограммного Фурье анализа структуры дыхательного ритма и сигнального маркера – диапазона частоты периода дыхательного цикла позволяет прогнозировать и определять вектор нервных регулирующих влияний, которые в определенный временной период ОМЦ или АМЦ реализуются в разных функциональных состояниях системы дыхания спортсменок.

## Список литературы

1. Покровский В. М. Сердечно-дыхательный синхронизм у человека / В. М. Покровский, В. Г. Абушкевич, И. И. Борисова, Е. Г. Потягайло, А. Г. Похотько, С. М. Хакон, Е. В. Харитоновна // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 6. – С. 100–103.
2. Бреслав И. С. Паттерны дыхания человека при гиперкапнии и гипоксии / И. С. Бреслав, А. М. Шмелева, С. М. Сидиков // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. – 1983. – Т. 69, № 4. – С. 466–471.
3. Агаджанян Н. А. Особенности адаптивных реакций кардиореспираторной системы у лиц с различным уровнем лёгочной вентиляции при сочетанном воздействии гипоксии и гиперкапнии / Н. А. Агаджанян, В. Г. Двоеносов // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2010. – Т. 32, № 4. – С. 17–21.
4. Мейгал А. Ю. Нелинейные параметры кардиоинтервалограммы женщины в зависимости от сезона года и фазы менструального цикла / А. Ю. Мейгал, Н. В. Воронова, Л. Е. Елаева, Г. И. Кузьмина // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2015. – № 3. – С. 14–22.
5. А.с. № 28737. Украина: Комп'ютерна програма для визначення періодичних і хаотичних компонент в тимчасових рядах / Ткаченко С. С., Погодіна С. В., Гребнева О. М. (Україна). – № 28737.; Опубл. 3.02.2009, Бюл. № 14.
6. Гришин О. В. Вариабельность лёгочного газообмена и дыхательного ритма / О. В. Гришин, В. Г. Гришин, Ю. В. Коваленко // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 2. – С. 87–93.
7. Grishin O. V. The variability of pulmonary gas exchange and respiratory pattern / O. V. Grishin, Y. V. Kovalenko, V. G. Grishin. // Human Physiology. – 2012. – Vol. 38, № 2. – С. 194–199.
8. Погодина С. В. Вариабельность сердечного ритма спортсменок в различных фазах менструального цикла / С. В. Погодина, В. С. Юферев // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25(64), № 1. – С. 188–195.

9. Гринченко В. Т. Ранговые респиросонограммы шумов дыхания // В. Т. Гринченко, В. В. Крижановский, В. В. Крижановский (мл.) / Акустичний вісник. – 2003. – Т. 6, № 2. – С. 34-42.
10. Christensen A. Hormonal regulation of female reproduction / A. Christensen, G. E. Bentley, R. Cabrera [et. al.] // Hormone and Metabolic Research. – 2012. – Vol. 44(8). – P. 587–91.
11. Пат. 200713736 Украина, МПК А 61 В 5/08. Спосіб дослідження регуляції подиху при різних впливах, що збурюють на організм людини / Погодина С.В.; заявитель и патентообладатель Таврический национальный университет. – № 3184; заявл. 07.12.07; опубл. 25.04.08, Бюл. № 8.
12. Калиткин Н. Н. Численные методы / Калиткин Н. Н. – СПб.: БХВ - Петербург, 2011 – 592 с.
13. Емельянов И. П. Структура биологических ритмов человека в процессе адаптации. Статистический анализ и моделирование. – Новосибирск: Наука, 1986. – 182 с.
14. Алексанянц Г. Д. Интегративная оценка регуляторно-адаптивных возможностей женского организма в спортивной медицине / Г. Д. Алексанянц, В. М. Покровский, И. И. Куценко // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 7. – С. 7–11.
15. Eckberg D. L. Sympathovagal balance: a critical appraisal / D. L. Eckberg // Circulation. – 1997. – №96. – P. 3224–3232.

## REGULATORY MARKERS OF CHANGES OF THE FUNCTIONAL STATUS OF THE SYSTEM OF BREATHING

*Pogodina S. V., Yuferev V. S., Epishkin I. V.*

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

The problem of assessing regulatory changes in the respiratory system during physiological changes in the vegetative nervous and hormonal profile of professional athletes in different periods of the menstrual cycle is described in the article. Observations were conducted for athletes of age ranges (16–26 and 37–45 years), specializing in long distances of sports swimming, athletics and cycling. A series of studies with the use of immunoenzyme, rheographic, spiropnevmotachometric and gasometric types of analysis were conducted. In the in vitro test in the range of 37–45 years anovulatory nature is defined and in the range of 16–26 years ovulatory character of the menstrual cycle is defined. The author's technique of definition of signal indicators and diagnostics of periodic changes in the respiratory rhythm using the phonogram of respiration and Fourier analysis are detailed. The material on the influence of the regulatory factors of the anovulatory and ovarian-menstrual cycle on the respiratory rhythm of athletes is presented. In athletes with ovarian-menstrual cycle, respiration at a relatively high frequency ( $0.36 \pm 0.175 \text{ s}^{-1}$ ) was recorded from 13 to 16 days from the onset of menstruation, which indicates the increased rate of respiration. A relatively low respiratory rate ( $0.19 \pm 0.138 \text{ s}^{-1}$ ), that is, a rare rhythm of respiration, was noted between 8 and 9 days. For athletes with anovulatory menstruation cycle is characterized by an increase in the frequency of respiration from the menstrual period to the period from 20 to 22 days ( $0.33 \pm 0.021 \text{ s}^{-1}$ ) and decrease in the respiratory rate during the period from 26 to 27 days ( $0.23 \pm 0.021 \text{ s}^{-1}$ ). Significant changes in the periods of the respiratory cycle on the respiratory periodogram of athletes were correlated with changes in the activity of

segmental parts of the autonomic nervous system. Statistically significant correlations between the parameters of the ventilator and nervous regulatory functions were revealed. The obtained data accent attention on the effective use of periodogram analysis of respiratory rhythm for predicting periodic changes in respiratory function of athletes, depending on the conditions of preservation of the ovarian-menstrual function.

**Keywords:** regulatory markers, breathing system, respiratory rhythm, Fourier periodogram analysis, periods of menstrual cycle, highly qualified athletes 16–45 years old.

### References

1. Pokrovskij V. M., Abushkevich V. G., Borisova I. I., Potyagajlo E. G. et. al. Cardiac-respiratory synchronism in humans, *Human physiology*, **28(6)**, 100 (2002).
2. Breslav I. S., Glebovskij V. D. Regulation of respiration. (Science, 1981).
3. Agadzhanyan N. A., Dvoenosov V. G. Features of adaptive reactions of cardiorespiratory system in persons with different levels of pulmonary ventilation with combined effects of hypoxia and hypercapnia. *Bulletin of the Ural Medical Science*, **32(4)**, 17 (2010).
4. Mejgal A. YU., Voronova N. V., Elaeva L. E., Kuz'mina G. I. Nonlinear parameters of the cardiointervalogram of a woman depending on the season of the year and the phase of the menstrual cycle. *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University*, **3**, 14 (2015).
5. Tkachenko S. S., Pogodina S. V., Grebneva O. M. Computer program for the determination of periodic and chaotic components in time series. A.S. № 28737. UA. (2009).
6. Grishin O. V., Grishin V. G., Kovalenko YU. V. Variability of pulmonary gas exchange and respiratory rhythm. *Human physiology*, **38(2)**, 87 (2012).
7. Grishin O.V., Kovalenko Y.V., Grishin V.G. The variability of pulmonary gas exchange and respiratory pattern. *Human Physiology*, **38(2)**, 194 (2012).
8. Pogodina S. V., Yuferev V. S. The variability of the heart rate of athletes in different phases of the menstrual cycle. *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Taurida national Univ.*, **25(64)**, 1, 188 (2012).
9. Grinchenko V. T., Krizhansovkij V. V., Krizhanovskij V. V. (ml.) Rank respirosonograms of respiratory noise. *Acoustical Visum.*, **6(2)**, 34 (2003).
10. Christensen A., Bentley G. E., Cabrera R. et. al. Hormonal regulation of female reproduction. *Hormone and Metabolic Research*, **44(8)**, 587 (2012).
11. Pogodina S. V. A method for studying the regulation of breathing with various stimulants on the human body. Pat. 200713736 UA. (2007).
12. Kalitkin N.N. *Numerical methods*, 592p. (BHV, 2011).
13. Emel'yanov I. P. *The structure of human biological rhythms in the process of adaptation. Statistical analysis and modeling*, 182 p. (Science, 1986).
14. Aleksanyanc G. D., Pokrovskij V. M., Kucenko I. I. Integrative assessment of regulatory and adaptive capabilities of the female body in sports medicine. *Theory and Practice of Phys. Cult.*, **7**, 7 (2009).
15. Eckberg D. L. Sympathovagal balance: a critical appraisal. *Circulation*, **96**, 3224 (1997).

**УДК 581.84**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-183-197**

**ФИТОТРОФНАЯ ОБЛИГАТНО-ПАЗАРИТНАЯ МИКОБИОТА  
КОМПЛЕКСНОГО ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ  
«УЧАСТОК ДУБОВЫХ РОЩ "ДУБКИ"»**

*Присянникова И. Б., Заболотских А. Д.*

*ФГБОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: aphanisomenon@mail.ru*

В результате проведенных исследований на территории комплексного памятника природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"» Симферопольского района (Республика Крым, Россия) обнаружены 49 видов облигатно-паразитных грибов из 20 родов, 14 семейств, 10 порядков, 6 классов, принадлежащих двум отделам грибов и одному отделу грибоподобных организмов. Фитотрофные облигатно-паразитные микромицеты зарегистрированы на 55 видах из 49 родов 22 семейств и 18 порядков отдела Покрытосеменные. Наибольшее количество видов паразитных грибов приходится на семейства Rosaceae, Rosaceae, Asteraceae и Ranunculaceae, что составляет 67,2 % от общего количества видов грибов-паразитов.

**Ключевые слова:** фитотрофная облигатно-паразитная микобиота, аннотированный список, комплексный памятник природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"», Предгорный Крым.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Биоразнообразие – это явление, отражающее процесс эволюции, протекающее на многих уровнях организации живого [1]. Детальное изучение видового состава растительных сообществ и входящей в них группы фитотрофных паразитных грибов, как неотъемлемого компонента, является одним из обязательных условий сохранения биологического разнообразия экосистем. Фитотрофные паразитические микромицеты играют важную регуляторную роль в природных популяциях и имеют большую практическую значимость, встречаясь в посевах культурных растений. Поэтому изучение видового состава этих организмов является актуальной научной проблемой, особенно в регионах, которые еще недостаточно изучены в микологическом отношении.

Принимая во внимание, что слабо затронутые деятельностью человека растительные сообщества заказников, урочищ, памятников природы и природных парков могут являться моделью природных фитоценозов, особое значение в деле изучения биоразнообразия приобретает изучение фитотрофной паразитной микобиоты объектов ООПТ Крыма, как необходимой части любого природного фитоценоза. К одному из таких объектов ООПТ, локализованном в Предгорном Крыму, относится комплексный памятник природы регионального значения

«Участок дубовых рощ "Дубки"», который был создан 15 февраля 1964 года. Он расположен на высоте 445 м н. у. м., в окрестностях села Дубки Симферопольского района Республики Крым (Южный федеральный округ, Россия) Площадь охраняемой зоны составляет 27,7 га (рис. 1) [2].

Целью создания данного памятника природы явилось охрана и сохранение в природном состоянии ценного в научном, эстетическом отношении флористического комплекса – одного из немногих участков сохранившихся остатков дубовых лесов, произрастающих на границе внешней гряды Крымских гор и степной зоны полуострова. Изучение видового состава фитотрофной паразитной микобиоты и установление трофических и топических связей ассоциированных пар: фитопатогенный гриб-питающее растение на территории памятника природы ранее не проводилось.



Рис. 1. Карта-схема памятника природы «Участок дубовых рощ "Дубки"» [<https://www.google.com/maps/>].

Целью нашего исследования явилось исследование видового состава фитотрофной паразитной микобиоты, консортивно связанного с растениями, произрастающими на территории комплексного памятника природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"».

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Микологическое обследование и сбор фитотрофной паразитной микобиоты на территории памятника природы проводились маршрутно-экспедиционным методом



осенью 2020 г. и в течение вегетационного сезона 2021 г. Видовую идентификацию фитопатогенов проводили с использованием отечественных и зарубежных определителей и справочной литературы [3–12]. Таксономический статус видов грибов и грибоподобных организмов приведен согласно базам Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections (<https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>), «Mycobank» (<http://www.mycobank.org>) и «Index Fungorum» (<http://www.indexfungorum.org>) [13–15]; видовые названия и таксономическое положение растений-хозяев представлены в соответствии со сводками: «Плантариум» (<http://www.plantarium.ru>) [16] и «The Plant List» (<http://www.theplantlist.org>). [17]. Больные растения или их части гербаризировали с составлением стандартных этикеток [18]. Встречаемость фитопатогенных микромицетов (или показатель обилия вида) определяли с использованием шкалы Гааса [19]. Фотофиксацию спораношений грибов-паразитов проводили с помощью фотонасадки, установленной на микроскоп медицинский прямой СХ31RTSF, Olympus (Филиппины). Микроскопическая техника и оргтехника была приобретена в рамках реализации проекта Программы развития «Разработка сетевой образовательной программы по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки, направленности 03.02.08 Экология».

Природоохранный комплекс – памятник природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"» располагается в Предгорном Крыму на высоте от 20 м до 445 м н. у. м.; он частично террасирован искусственными посадками *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe. Памятник природы выполняет важную почвозащитную роль и является эталоном естественных дубово-пушистых древостоев в условиях центрального Предгорья Крыма.

В составе древесной растительности памятника природы преобладают: *Quercus pubescens* с включением *Quercus pétraea*, а также *Carpinus orientalis* Mill., *Paliurus spina-christi* Mill., *Prúnus spinósa* L., *Pyrus elaeagrifolia* Pall., *Ácer campéstre* L., *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus minor* Mill., *Swida australis* (С.А. Mey.) Pojark. ex Grossh., *Euonymus verrucosa* Scop., виды рода *Crataegus*, *Rosa* и др. Флористический состав травянистого покрова отличается высокой степенью разнообразия. Безлесные территории между дубрав (поляны) заняты степью, состоящей из ксерофильных полукустарничков и разнообразных трав: видов из родов *Euphorbia*, *Thymus*, *Paeonia*, *Stipa*, *Bothrióchloa* и др. (рис. 2).

На территории памятника природы можно обнаружить растения, присущие и для Горного Крыма (железница крымская – *Sideritis taurica* Steph. ex Willd. и ряд других), а также красиво цветущие кустарники *Amygdalus nana* L. и *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wolf.) Klásk., создающие в период массового цветения яркие аспекты; на обрывистых склонах охраняемого объекта можно обнаружить растения, типичных для меловых склонов (кальцефиты) и каменистых осыпей (литофиты): *Salvia scabiosifolia* Lam., *Scutellaria orientalis* L., *Onosma taurica* Pall. ex Willd., *Linum tauricum* Willd., виды родов *Genista*, *Gagea* и др.). Следует отметить, что на территории данного объекта ООПТ произрастают виды растений, внесенные в Красную книгу Крыма [20]: *Salvia scabiosifolia*, *Paeonia tenuifolia* L., *Adonis vernalis* L. и ряд др.



А



Б

Рис. 2. Дубово-пушистый лес (А) и поляна с разнотравьем (Б) на территории памятника природы «Участок дубовых рощ "Дубки"» [фото автора].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведённых исследований на территории памятника природы «Участок дубовых рощ "Дубки"» были зафиксированы и идентифицированы 49 видов из 20 родов, 14 семейств, 10 порядков и 6 классов облигатно-паразитных микромицетов, принадлежащих двум отделам грибов и одному отделу грибоподобных организмов (табл. 1).

Таблица 1  
Таксономический состав облигатно-паразитных фитотрофных микромицетов памятника природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"»

Отдел грибов и ГРПО	Количество				Доля от общего числа родов, %	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
	классов	порядков	семейств	родов			
Oomycota	1	2	2	3	15,0	3	6,1
Ascomycota	3	5	5	9	45,0	19	38,8
Basidiomycota	2	3	7	8	40,0	27	55,1
<b>Всего</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>100,0</b>	<b>49</b>	<b>100,0</b>

Доминирующим по количеству видов является отдел Basidiomycota – 27 видов и 8 родов (55,1 % и 40,0 %, соответственно), второе место занимает отдел Ascomycota – 19 видов и 9 родов (38,8 % и 45,0 %) и на третьем месте находится отдел Oomycota (грибоподобные организмы (ГРПО)– 3 вида и 3 рода (6,1 % и 15,0 %, соответственно) (табл. 1). Подавляющее большинство по количеству видов занимают представители класса Pucciniomycetes порядка Pucciniales (Basidiomycota). Ржавчинные грибы представлены 23 видами из пяти родов: *Puccinia* – 15 видов, *Phragmidium* – 2, *Coleosporium*, *Gymnosporangium* – по 1 виду, *Uromyces* – 4 вида. Головневые грибы (Basidiomycota) из класса Ustilaginomycetes представлены тремя видами из родов *Sporisorium*, *Schizonella* и *Antherospora*, причем первых два рода относятся к порядку Ustilaginales, а третий род головневых грибов – *Antherospora* входит в порядок Urocystidales.

Второе место по количеству видов занимают паразитные микромицеты, принадлежащие классу Leotiomycetes порядка Erysiphales (Ascomycota). В частности, мучнисторосяные (эризифальные) грибы представлены 15 видами из семи родов: *Erysiphe* – 6 видов, *Podosphaera* – 5, *Golovinomyces* – 2, *Blumeria*, *Sawadaea* представлены по одному виду, соответственно. Класс Dothideomycetes представлен 2 видами, а класс Sordariomycetes представлен всего 1 видом.

Грибоподобные организмы из отдела Oomycota представлены тремя видами из трех родов, причем два рода (*Albugo*, *Wilsoniana*) входят в порядок Albuginales, а род *Perofascia* относится к порядку Peronosporales.

Список видов фитотрофных микромицетов, зафиксированных на территории памятника природы «Участок дубовых рощ "Дубки"», приводится ниже. Для представителей порядков Erysiphales и Pucciniales в скобках указана стадия развития, в которой гриб обнаружен. Так, например, для мучнисторосяных грибов – анаморфа или телеоморфа; для ржавчинных: 0 – спермогоний, I – эций, II – уредиций, III – телий. Обилие вида гриба по шкале Гааса указано в скобках после видового названия. Шкала встречаемости или обилия вида Гааса (в баллах): + –

только в одном месте; 1 – единично; 2 – очень рассеянно; 3 – неравномерно  
рассеянно; 4 – во многих местах; 5 – всюду часто.

**Отдел Oomycota**

**Класс Incertae sedis**

**Порядок Albuginales**

**Семейство Albuginaceae**

*Wilsoniana bliti* (Biv.) Thines (+)

на *Amaranthus retroflexus* L. 19.09.2020, опушка дубово-пушистого леса.

*Albugo candida* (Pers. : Fr.) Kuntze (+)

на *Capsella bursa-pastoris* (L.), 06.05.2021, поляна в лесу.

**Порядок Peronosporales**

**Семейство Peronosporaceae**

*Perofascia lepidii* (McAlpine) Constant. (+)

на *Lepidium draba* L., 06.05.2021, поляна в лесу.

**Отдел Ascomycota**

**Класс Leotiomycetes**

**Порядок Erysiphales**

**Семейство Erysiphaceae**

*Blumeria graminis* (DC.) Speer (1)

на *Bromus pectinatus* Thunb. (анаморфа), 29.05.2021, опушка дубово-грабового  
леса; *Alopecurus myosuroides* Huds. (телеоморфа), 07.07.2021, обочина дороги;  
на *Dactylis glomerata* L. (анаморфа), 07.07.2021, поляна в лесу.

*Erysiphe alphitoides* var. *alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam. (+)

на *Quercus pubescens* Willd. (телеоморфа), 19.09.2021, дубово-грабовый лес.

*Erysiphe aquilegiae* DC. (+)

на *Thalictrum minus* L. (телеоморфа), 07.07.2021, дубово-грабовый лес.

*Erysiphe heraclei* DC. (1)

на *Anthriscus nemorosa* (M.Bieb.) Spreng. (анаморфа), 07.07.2021, опушка  
дубово-грабового леса.

*Erysiphe lycopsidis* R.Y. Zheng & G.Q. Chen (+)

на *Lithospermum arvense* Thunb. (анаморфа), 29.05.2021, опушка дубово-  
грабового леса.

*Erysiphe polygoni* DC. (+)

на *Polygonum aviculare* L., (телеоморфа), 08.09.2021, у дороги.

*Erysiphe ulmi* Castagne (1)

на *Ulmus minor* Mill. (телеоморфа), 19.09.2020, 08.09.2021, дубово-грабовый  
лес.

*Golovinomyces cichoracearum* (Ehrenb.) Heluta (+)

на *Cichorium intybus* L. (анаморфа), 07.07.2021, поляна в дубово-грабовом лесу;  
на *Sonchus* L. (анаморфа), 07.07.2021, у дороги.

*Golovinomyces orontii* (Castagne) Heluta (+)

на *Vinca herbacea* Waldst. & Kit. (анаморфа), 29.05.2021, поляна в дубово-  
грабовом лесу.

- Podosphaera aphanis* var. *aphanis* (Wallr.) U. Braun & S. Takam. (1)  
на *Geum urbanum* L. (телеоморфа), 29.05.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Podosphaera euphorbiae* Castagne (1)  
на *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh. (анаморфа), 07.07.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Podosphaera fusca* (Fr. : Fr.) U. Braun & S. Takam. (1)  
на *Melampyrum arvense* L. (телеоморфа), 07.07.2021, поляна в дубово-грабовом лесу; *Taraxacum officinale* Weber (анаморфа), 21.10.2021, 08.09.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Podosphaera savulescui* (Sandu) U. Braun & S. Takam. (+)  
на *Adonis vernalis* L. (анаморфа), 07.07.2021, поляна в лесу.
- Podosphaera tridactyla* (Wallr.) de Bary (2)  
на *Prunus spinosa* L. (телеоморфа), 09.11.2020, 08.09.2021, дубово-пушистый лес.
- Sawadaea bicornis* (Wallr. : Fr.) (+)  
на *Acer negundo* L., 19.09.2020 (анаморфа), опушка дубово-пушистого леса.
- Порядок Helotiales**  
**Семейство Drepanopezizaceae**  
*Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx (+)  
на *Amygdalus nana* L., (анаморфа), 07.07.2021, дубово-пушистый лес.
- Класс Sordariomycetes**  
**Порядок Diaporthales**  
**Семейство Gnomoniaceae**  
*Ophiognomonia leptostyla* (Fr. : Fr.) Sogonov (+)  
на *Juglans regia* L., (анаморфа), 08.09.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Класс Dothideomycetes**  
**Порядок Mucosphaerellales**  
**Семейство Mucosphaerellaceae**  
*Septoria pyricola* Desm. (1)  
на *Ulmus minor* Mill (анаморфа), 19.09.2020, 29.05.2021, дубово-грабовый лес.
- Порядок Pleosporales**  
**Семейство Phaeosphaeriaceae**  
*Ampelomyces quisqualis* Ces. (+)  
на *Vinca herbacea* Waldst. & Kit. (анаморфа), 19.09.2020, 29.05.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Отдел Basidiomycota**  
**Класс Pucciniomycetes**  
**Порядок Pucciniales**  
**Семейство Coleosporiaceae**  
*Coleosporium inulae* Rabenh. (2)  
на *Inula aspera* Poir. (II), 08.09.2021, опушка дубово-грабового леса; *Inula ensifolia* L. (II), 19.09.2020, 07.07.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Семейство Phragmidiaceae**  
*Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schltldl (+)  
на *Rosa canina* L. (II, III), 19.09.2020, опушка дубово-грабового леса.

- Phragmidium potentillae*** (Pers. : Pers.) P. Karst. (+)  
на *Potentilla recta* L. (II, III), 29.05.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Семейство Pucciniaceae**
- Gymnosporangium clavariiforme*** (Wulfen) DC. (+)  
на *Crataegus monogyna* Jacq. (I), 08.09.2021, дубово-грабовый лес.
- Puccinia absinthii*** DC. (+)  
на *Artemisia absintium* L. (II), 08.09.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia asparagi*** DC. (+)  
на *Asparagus officinalis* L., (II), 19.09.2020, дубово-грабовый лес.
- Puccinia calcitrapae*** DC. (+)  
на *Centaurea jacea* L., (II, III), 08.09.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Puccinia caricis*** Rebent. (+)  
на *Carex halleriana* Asso (II, III), 29.05.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia carduorum*** Jacky (+)  
на *Carduus crispus* L., (II, III), 07.07.2021, у дороги.
- Puccinia falcariae*** Fuckel (2)  
на *Falcaria vulgaris* Bernh. (II, III), 06.05.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia marrubii*** Kabakt. (+)  
на *Marrubium vulgare* L. (II), 08.09.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Puccinia nigrescens*** Peck (2)  
на *Salvia verticillata* L., (III), 19.09.2020, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia phragmitis*** (Schumach.) Körn. (+)  
на *Phragmites australis* (Cav.) (III), 19.09.2020, у дороги.
- Puccinia punctata*** Link (1)  
на *Galium mollugo* L. (II), 19.09.2020, опушка дубово-грабового леса; *Galium verticillatum* L., (II), 29.05.2021, опушка леса.
- Puccinia physospermi*** Pass. (1)  
на *Physospermum cornubiense* (L.) DC. (III), 12.05.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia poarum*** P. Nielsen (1)  
на *Poa angustifolia* Wahlenb. (II), 06.05.2021, дубово-грабовый лес; *Poa bulbosa* L. (II), 06.05.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia recondita*** Roberge ex Desm. (1)  
на *Clematis vitalba* L. (0, I), 29.05.2021, опушка дубово-грабового леса; *Thalictrum minus* L. (0, I), 07.07.2021; опушка дубово-грабового леса; *Elymus repens* (L.) (II, III), у дороги; *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv. (II, III), опушка дубового-грабового леса; *Aegilops cylindrica* Sm. (II, III), 07.07.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia sessilis var. sessilis*** W.G. Schneid. (+)  
на *Leopoldia comosa* (L.), (I), 06.05.2021, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia vincae*** (DC.) Berk. (1)  
на *Vinca herbacea* Waldst. & Kit. (II, III), 06.05.2021, 07.07.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Uromyces ambiguus*** (DC.) Niessl (+)

на *Allium rotundum* All. (II), 29.05.2021, поляна в сосновом лесу.

*Uromyces polygoni-avicularis* (Pers. : Pers.) P. Karst. (+)

на *Polygonum aviculare* L. (II, III), 08.09.2021, у дороги.

*Uromyces scillarum* (Grev. ex Berk.) G. Winter (+)

на *Leopoldia comosa* (L.), (III), 07.07.2021, дубово-грабовый лес.

*Uromyces scutellatus* (Schrank) Lév. (1)

на *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh. (II), 29.05.2021, опушка дубово-грабового леса.

**Класс Ustilaginomycetes**

**Порядок Ustilaginales**

**Семейство Ustilaginaceae**

*Sporisorium andropogonis* (Opiz) Vánky (1)

на *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, 19.09.2020, поляна в дубово-грабовом лесу.

**Семейство Anthracoideaceae**

*Schizonella cocconii* (Morini) Liro (+)

на *Carex halleriana* Asso., 29.05.2021, поляна в сосновом лесу.

**Порядок Urocystidales**

**Семейство Floromycetaceae**

*Antherospora vaillantii* Tul. & C. Tul. (+)

на *Leopoldia comosa* (L.) Parl., 29.05.2021, поляна в дубово-грабовом лесу.

Фитотрофные облигатно-паразитные микромицеты зарегистрированы на 55 видах растений из 49 родов, 22 семейств, 18 порядков отдела Покрытосеменные. Данные о приуроченности видов облигатно-паразитных грибов к семействам растений-хозяев и видам питающих растений отражены в таблице 2, из данных которой видно, что больше всего видов паразитных грибов зарегистрировано на представителях семейств Asteraceae, Rosaceae, Poaceae и Ranunculaceae (6, 6, 5 и 4 видов грибов-паразитов, соответственно для каждого семейства).

Эти же семейства лидируют и по количеству видов растений-хозяев фитотрофных микромицетов на территории памятника природы. На долю семейств Poaceae, Asteraceae, Rosaceae и Ranunculaceae приходится соответственно 9, 6, 6 и 4 вида питающих растений.

Данные о приуроченности видов облигатно-паразитных грибов к семействам растений-хозяев в процентном отношении отражены на рис. 3. Наибольшее количество видов грибов-паразитов приходится на семейства Poaceae, Rosaceae, Asteraceae и Ranunculaceae, что составляет 67,2 % от общего числа обнаруженных видов. Четыре наиболее поражаемых фитотрофными микромицетами семейств цветковых растений (Poaceae, Rosaceae, Asteraceae и Ranunculaceae) играют большую роль в сложении растительных сообществ памятника природы, эти же семейства являются лидерами по видовому составу растений-хозяев паразитных микромицетов на территории исследуемого объекта.

Таблица 2  
 Распределение фитотрофных облигатно–паразитных микромицетов по семействам растений-хозяев комплексного памятника природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"»

№ п/п	Семейство растений-хозяев	Количество		№ п/п	Семейство растений-хозяев	Количество	
		видов растений-хозяев	видов грибов			видов растений-хозяев	видов грибов
1.	Amaranthaceae	1	1	12.	Geraniaceae	1	1
2.	Amaryllidaceae	1	1	13.	Lamiaceae	2	2
3.	Apiaceae	2	2	14.	Juglandus	1	1
4.	Aprocynaceae	1	2	15.	Orobanchaceae	1	1
5.	Asparagaceae	2	4	16.	Poaceae	9	5
6.	Asteraceae	6	6	17.	Polygonaceae	2	2
7.	Boraginaceae	1	1	18.	Ranunculaceae	4	4
8.	Brassicaceae	2	2	19.	Rosaceae	6	6
9.	Cyperaceae	1	2	20.	Rubiaceae	2	2
10.	Euphorbiaceae	1	3	21.	Sapindaceae	1	1
11.	Fagaceae	1	1	22.	Ulmaceae	1	2

Паразитизм двух видов и более облигатно-паразитных микромицетов на одном виде растения-хозяина, не является редкостью в микологическом мире. Так, например, было зарегистрировано развитие спороношений трех видов грибов-паразитов: головневого гриба *Antherospora vaillantii* на цветках и двух видов ржавчинных грибов *Puccinia sessilis* var. *sessilis* и *Uromyces scillarum* на листьях *Leopoldia comosa*; двух грибов-паразитов: головневого гриба *Schizonella cocconii* и ржавчинного гриба *Puccinia caricis* на листьях одного и того же питающего растения – *Carex halleriana* Asso; двух видов грибов-паразитов: ржавчинного гриба *Uromyces scutellatus* и *Podosphaera euphorbiae* на листьях *Euphorbia stepposa* и двух видов грибов-паразитов: ржавчинного гриба *Puccinia vincae* и мучнисторосяного гриба *Golovinomyces orontii* на листьях *Vinca herbacea* двух видов *Uromyces polygoni-avicularis* и *Erysiphe polygoni* на *Polygonum aviculare*. Вышеперечисленные виды грибов-паразитов занимали одну и ту же нишу, осваивая отмеченные растения-хозяева в качестве питающего субстрата.

В препаратах мучнистой росы нами был обнаружен гриб *Ampelomyces quisqualis*, являющийся гиперпаразитом грибов порядка Erysiphales. Этот микопаразит был зарегистрирован на листьях *Vinca herbacea*, пораженных мучнисторосяным грибом *Golovinomyces orontii*. В течение вегетационного периода данный гиперпаразит способен сформировать несколько поколений конидиального спороношения и вызывать вторичную инфекцию.



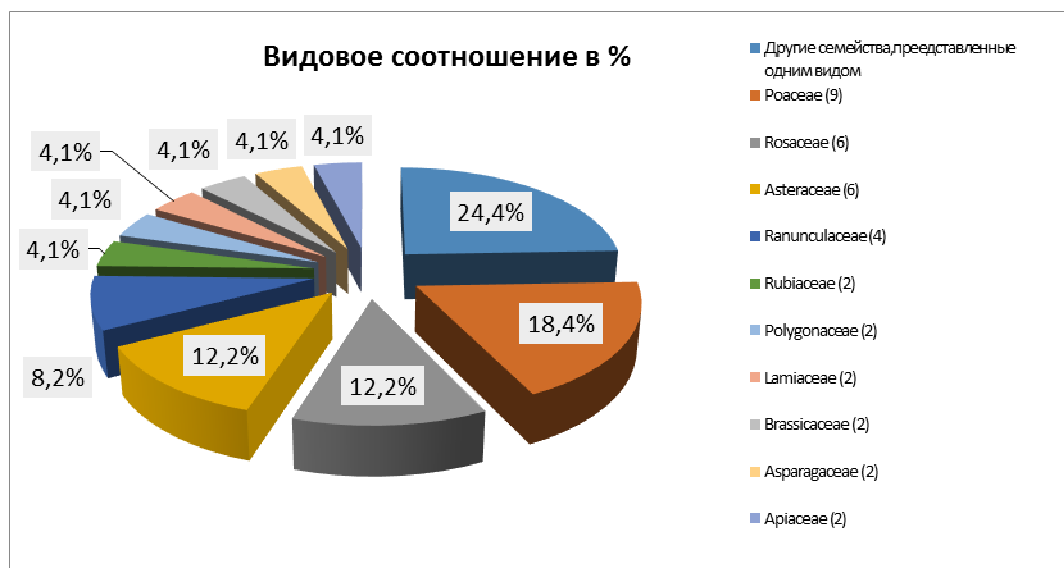


Рис. 3. Соотношение ассоциированных с облигатно-паразитными грибами семейств питающих растений комплексного памятника природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"», %.

В настоящее время комплексный памятник природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"» испытывает значительное антропогенное влияние. Он является часто посещаемым местом рекреации для местного населения, проживающего в окрестностях г. Симферополь. Кроме того, памятник природы постоянно подвергается дополнительной нагрузке из-за близости промышленной агломерации областного центра. Охраняемый участок ООПТ достаточно замусорен, особенно по его границам, что приводит к нарушению целостности природной экосистемы, а именно: к деградации и гибели древесной, кустарниковой и травянистой растительности, загрязнению почвенного покрова, ухудшению качества воздуха, разрушению среды обитания для микобиоты, флоры и фауны. Основываясь на собственных данных, мы можем выделить ряд основных антропогенных факторов, оказывающих негативное влияние на состояние природного комплекса памятника природы: нерегулируемая рекреация и туризм; самовольная порубка; сбор дикорастущих растений. Растения, находящиеся на участках массового скопления отдыхающих и туристов (места пикников, поляны, пересечения дорог и троп), находятся в угнетенном состоянии, что может в свою очередь усилить инфекционную нагрузку на них в виде вспышки заболеваний, вызванных фитотрофными микромицетами. Это, в свою очередь, может способствовать возникновению эпифитотийной ситуации в растительных сообществах памятника природы и, в конечном итоге, привести к гибели растений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые составлен конспект флоры фитотрофной паразитной микобиоты комплексного памятника природы регионального значения «Участок дубовых рощ "Дубки"» (Республика Крым, Россия), который включает 49 видов из 20 родов, 14 семейств, 10 порядков и 6 классов паразитных микромицетов, принадлежащих двум отделам настоящих грибов и одному отделу грибоподобных организмов; проведен анализ его таксономической структуры и выявлена приуроченность грибов-паразитов к растительным сообществам памятника природы. Фитотрофные облигатно-паразитные микромицеты зарегистрированы на 55 видах, из 49 родов, 22 семейств, 18 порядков покрытосеменных растений. Наибольшее количество видов грибов-паразитов приходится на семейства *Roaseae*, *Rosaceae*, *Asteraceae* и *Ranunculaceae*, что составляет 67,2 % от общего числа обнаруженных видов грибов. Выявлена органотропная приуроченность отдельных видов грибов к определенным питающим растениям или группам растений. Определена частота встречаемости фитотрофных паразитических микромицетов по шкале Гааса и выявлены наиболее часто обнаруживаемые возбудители болезней растений на территории данного объекта ООПТ.

## Список литературы

1. Камелин Р. В. О некоторых фундаментальных проблемах изучения биологического разнообразия (с точки зрения флориста и флорогенетика) / Р. В. Камелин // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению / Отв. Ред. Б.А. Юрцев. Спб.: ЗИН РАН. – 1992. – С. 91–93.
2. ООПТ России [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oort.aari.ru/oort/Участок-дубовых-рощ-Дубки> (дата обращения: 05.12.2022).
3. Дудка, И. О. Грибы природных зон Крыма / И. О. Дудка, В. П. Гелюта, Ю. А. Тихоненко [и др.]. [под ред. И. О. Дудки]. – Киев : Фітосоціоцентр, 2004. – 452 с.
4. Купревич В. Ф. Определитель ржавчинных грибов СССР. / В. Ф. Купревич, В. И. Ульянищев. – Минск Наука и техника, 1975. – Ч. 1. – 485 с.
5. Ульянищев В. И. Определитель ржавчинных грибов СССР / В. И. Ульянищев – Л. : Наука, 1978. – Ч. 2. – 384 с.
6. Станявичене С. А. Пероноспорные грибы Прибалтики / С. А. Станявичене. – Вильнюс : Мокслас, 1984. – 208 с.
7. Гелюта В. П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы / В. П. Гелюта. – Киев : Наук. думка, 1989 – 256 с.
8. Каратыгин И. В. Определитель грибов СССР. Порядок Головневые. Семейство Устилаговые / И. В. Каратыгин, З. М. Азбукина. – Л. : Наука, 1989. – Вып. 1. – 220 с.
9. Азбукина З. М. Порядок Ржавчинные. 1. Семейства Пукциниастровые, Кронарциевые, Мелампоровые, Факоспоровые, Чакониевые, Микронегериевые (Определитель грибов России) / З. М. Азбукина. – Владивосток : Дальнаука, 2015. – 281 с.
10. Termorshuizen A. J. Roesten van Nederland / A. J. Termorshuizen, C. A. Swertz. – Dutch Rust Fungi, 2011. – 423 p.
11. Braun U. Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews) / U. Braun, R. T. A. Cook. // CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands, 2012. – Vol. 11. – 707 p.
12. Vánky K. Smut Fungi of the World [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kalman-vanky.de/smut-fungi-world-1.html> (дата обращения: 05.12.2022).
13. Fungal Databases. [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (дата обращения: 05.12.2022).
14. Mycobank Database [электронный ресурс]. 2004. Режим доступа: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 05.12.2022).

15. Index Fungorum [электронный ресурс]. 2003. Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org> [веб-сайт, версия 1.00] (дата обращения: 10.12.2022).
16. Плантиум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.plantarium.ru> (дата обращения 12.12.2022).
17. The Plant list [электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org> / (дата обращения: 06.12.2022).
18. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель / Е. Ю. Благовещенская. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 240 с.
19. Леонтьев Д. В. Флористический анализ в микологии: учебник / Д. В. Леонтьев. – Х.: Изд. группа «Основа». – 2007. – 159 с.
20. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. д. б. н., проф. А. В. Ена и к. б. н. А. В. Фатерьга. – Симферополь : ООО «ИТ «АРИАЛ». – 2015. – 480 с.

**PHYTOTROPHIC OBLIGATE-PARASITIC MYCOBIOTA OF A COMPLEX NATURE MONUMENT OF REGIONAL SIGNIFICANCE «PLOT OF OAK GROVES "DUBKI"»**

***Prosyannikova I. B., Zabolotskikh A. D.***

*Federal V. I. Vernadsky Crimean University, Simferopol, Russia  
E-mail: [aphanisomenon@mail.ru](mailto:aphanisomenon@mail.ru)*

The aim of our work is to study the composition of phytotrophic obligate parasitic micromycetes on the territory of the complex nature monument of regional significance «Plot of oak groves “Dubki”». The herbarium specimens of parasitic fungi on higher plants were collected during the vegetative seasons of 2020–2021 using a detailed-routing method in plant communities. The collected material was processed using the common method [3–12]. The nomenclature of micromycetes corresponds to the international databases, such as: «Fungal Databases», «Mycobank» and «Index fungorum» [13–15]. As a result of mycological study of 49 phytotrophic parasitic fungi species belonging to 20 genera of 14 families, 10 orders, 6 classes and 2 divisions of fungi and 1 division fungi – likeorganisms were found. The highest number of genera (8; 40.0 % of total number) and species (27; 55.1 % of total number) are recorded in Basidiomycota division. The Ascomycota division is represented by 9 genera (45.0 % of total genera number) and 19 species (38.8 %). The Oomycota division – 3 genera (15.0 %) and 3 species (6.1 % of total species number).

The overwhelming majority of the number of species is occupied by representatives of the class Pucciniomycetes of the order Pucciniales (Basidiomycota). Rust fungi are represented by 23 species from five genera: *Puccinia* – 15 species, *Phragmidium* – 2, *Coleosporium*, *Gymnosporangium* by 1 species, *Uromyces* – 4 species. Smut fungi (Basidiomycota) from the class Ustilaginomycetes are represented by three species from the genera *Sporisorium*, *Schizonella* and *Antherospora*, with the first two genera belonging to the order Ustilaginales, and the third genus of smut fungi – *Antherospora* is included in the order Urocystidales. The second place in the number of species is occupied

by parasitic micromycetes belonging to the class Leotiomycetes of the order Erysiphales (Ascomycota). In particular, powdery mildew fungi (Erysiphales) are represented by 15 species from seven genera: *Erysiphe* – 6 species, *Podosphaera* – 5, *Golovinomyces* – 2, *Blumeria*, *Sawadaea* are represented by one species, respectively. The class Dothideomycetes is represented by 2 species, and the class Sordariomycetes is represented by only 1 species. Fungi -likeorganisms from the department Oomycota are represented by three species from three genera, with two genera (*Albugo*, *Wilsoniana*) included in the order Albuginales, and the genus *Perofascia* belongs to the order Peronosporales.

Phytotrophic obligate-parasitic micromycetes have been recorded on 55 species from 49 genera of 22 families and 18 orders of the Angiosperm division (Magnoliophyta). The largest number of species of parasitic fungi falls on the Poaceae, Rosaceae, Asteraceae and Ranunculaceae families, which accounts for 67.2 % of the total number of species of parasitic fungi. The four families of flowering plants (Poaceae, Rosaceae, Asteraceae and Ranunculaceae) that are most affected by phytotrophic micromycetes play a significant role in the formation of the plant communities. The same families are leaders in species of host plants of parasitic micromycetes in the protected area. The information obtained is of high mycological interest, since it is theoretically important for understanding the processes of fungi migration within the natural zones of the Crimean Peninsula. Also, it allows us to solve the problems of phytotrophic parasitic of fungi arealogy.

**Keywords:** phytotrophic parasitic mycobiota, an annotated list, complex nature monument of regional significance «Plot of oak groves “Dubki“», Piedmont Crimea.

#### References

1. Kamelin R. V., On some fundamental problems of studying biological diversity (from the point of view of a florist and a florogeneticist), *Biological diversity: approaches to study and conservation / Ed. by B. A. Yurtsev.* (ZIN RAN, Saint-Petersburg, 1992).
2. Protected areas of Russia [electronic resource]. Access mode: <http://oopt.aari.ru/oopt/> Plot-of-oak-groves-Dubki (reference date: 05.12.2022).
3. Dudka I. O., Geluta V. P., Tichonenko Y. A. et al., *Fungi natural areas Crimea* (Institute of botany named after M.G. Cholododny), (Phytosotsiotsentr, Kiev, 2004).
4. Kuprevich V. F., Ulyanischev V. I., *Determinant of rust fungi of the USSR* (Science and Technology, Minsk, 1975).
5. Ulyanischev V. I., *Determinant of rust fungi of the USSR* (Leningrad: Publishing House of Science, 1978).
6. Stanyavichene S. A., *Peronosporales fungi of Baltic* (Publishing House Mokslas, Vilnius, 1984).
7. Gelyuta V. P. *Flora of Ukraine fungi. Powdery mildews fungi* (Publishing House of Sciences Dumka, Kiev, 1989).
8. 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).
9. Azbukina Z. M., *Order of Uredinales. 1. Order Pucciniales. 1. Familia Pucciniastraceae, Cronartiaceae, Coleosporiaceae, Melampsoraceae, Phakopsoraceae, Chaconiaceae, Mikronegeriaceae of family. Identification book for fungi of Russia* (Dal'nauka, Vladivostok, 2015).
10. Termorshuizen A. J., Swertz C. A., *Roesten van Nederland* (Dutch Rust Fungi, 2011).
11. Braun U., Cook R. T. A., *Taxonomic Manual of the Erysiphales* (Powdery Mildews) (Publishing House CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands), 11 (2012).
12. Vánky K. *Smut Fungi of the World* [electronic resource]. Access mode: <http://www.kalman-vanky.de/smut-fungi-world-1.html> (reference date: 05.12.2022).

13. *Fungal Databases*. [electronic resource]. Access mode: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (reference date: 05.12.2022).
14. *Mycobank Database* [electronic resource]. 2004. Access mode: <http://www.mycobank.org> (reference date: 05.12.2022).
15. *Index Fungorum* [electronic resource]. 2003. Access mode: <http://www.indexfungorum.org> [website, version 1.00] (reference date: 10.12.2022).
16. *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: 06.12.2022).
17. *The Plant list* [electronic resource]. 2013. Access mode: <http://www.theplantlist.org/> (reference date: 12.12.2022).
18. Blagoveshchenskaya E. Y., *Phytopathogenic micromycetes: educational guide* (Publishing house Lenand, Moscow, 2015).
19. Leontiev D. V., *Floristic analysis in mycology: textbook*. – (Publishing house of the Osnova Group, Kharkov, 2007)
20. *The Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi, Ed. by Doctor of Biological Sciences, prof. A. V. Ena and Candidate of Biological Sciences A. V. Fateryga* (LLC "IT "ARIAL", Simferopol, 2015).

**УДК 595.783**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-198-213**

**КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ  
АКАДЕМИИ БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ ИМ. Д. И. ИВАНОВСКОГО  
ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА. СООБЩЕНИЕ 3. ОТРЯД  
ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ – LEPIDOPTERA, СЕМЕЙСТВО ПАРУСНИКИ –  
PAPILIONIDAE**

**Романчук Р. В.<sup>1,2</sup>, Богаева Е. А.<sup>3</sup>, Елфимова Н. С.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Ростовский филиал ФГБУ «ВНИИКР», Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup>Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>4</sup>Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: roma.romanчук.95@bk.ru

Работа продолжает серию статей, посвящённых описанию таксономического многообразия и каталогизации животных, представленных в фондах музея кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета. В статье приводится аннотированный каталог бабочек парусников (Lepidoptera: Papilionidae), содержащий сведения о 21 виде из 10 родов в составе шести триб и двух подсемейств, хранящихся в коллекции. Подсемейство Papilioninae представлено 11 видами: *Papilio machaon*, *P. xuthus*, *P. demoleus*, *P. helenus*, *P. polytes*, *P. memnon agenor*, *P. maackii*, *P. clytia*, *Iphiclides podalirius*, *Troides helena*, *Ornithoptera priamus urvillianus*. Подсемейство Parnassiinae – 10 видами: *Parnassius apollo*, *P. mnemosine*, *P. nordmanni*, *P. stubbendorfi*, *P. tianschanicus*, *Zerynthia polyxena*, *Allancastria caucasica*, *Sericinus montela*, *Bhutanitis lidderdalii*, *Luehdorfia puziloi*. В коллекционном фонде представлены виды из Российской Федерации, Киргизской Республики, Республики Абхазия, Китайской Народной Республики, Социалистической Республики Вьетнам и Соломоновых Островов. В работе представлены результаты верификации и систематизации энтомологического материала. Определена научная, научно-практическая и историческая ценность коллекции. Каталог сопровождается цветными таблицами с изображениями представителей каждого указанного вида.

**Ключевые слова:** Южный федеральный университет, кафедра зоологии, коллекционный фонд, бабочки парусники, Lepidoptera, Papilionidae, каталог.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Значение составления естественнонаучных коллекций как явление трудно переоценить [1]. Зоологические коллекции являются специфической, но крайне ценной формой документации научных исследований [2]. В частности, они позволяют обобщать материалы и делать выводы о том, насколько разнообразны животные и как широко они распространены [2]. Правильно собранные и надлежащим образом оформленные зоологические коллекции служат серьёзным фактическим материалом, подтверждающим достоверность полевых исследований

[3]. Кроме того, репрезентативные коллекционные фонды могут выступать базой для будущих научных работ, удовлетворяя, при этом, интересы как профессиональных учёных, так и заинтересованных студентов. Настоящее сообщение – третья работа в серии статей [4, 5], посвящённых описанию многообразия животных, представленных в фондах музея кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета (Зоологического музея ЮФУ) (далее – АБиБ ЮФУ, ЗМ ЮФУ).

Парусники, или кавалеры (Papilionidae) – широко распространённое семейство булавоусых чешуекрылых (Rhopalocera), насчитывающее около 570 рецентных [6] и 2 ископаемых вида [7] (Рис. 1).

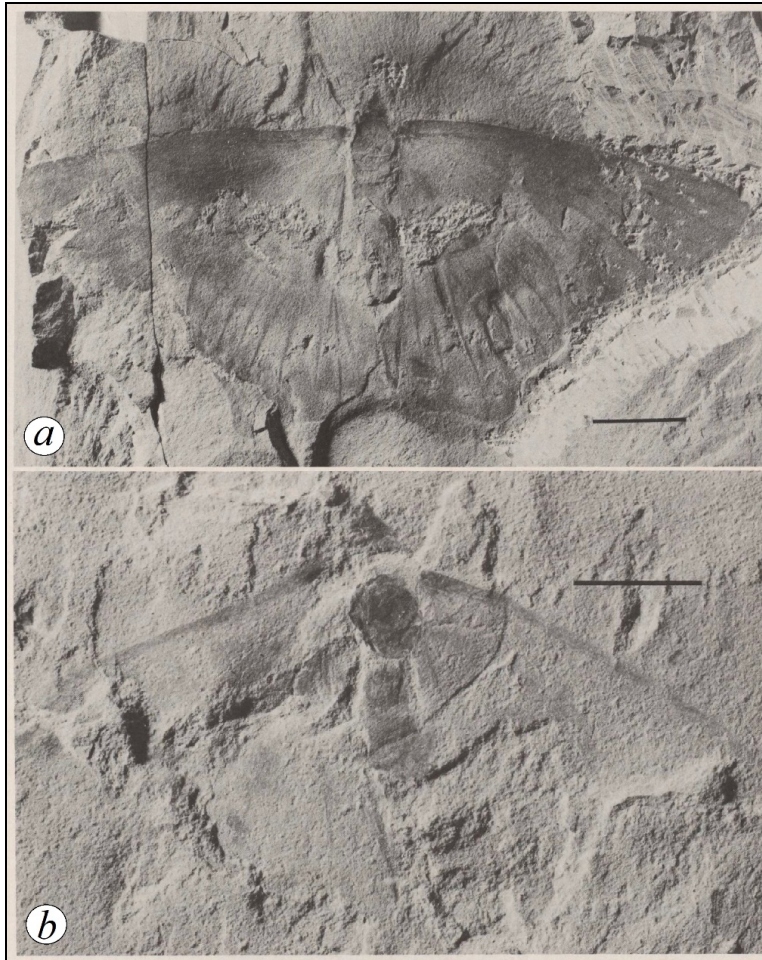


Рис. 1. Отпечатки ископаемых бабочек парусников из рода *Praepapilio* Durden & Rose, 1978, описанные из среднего эоцена Колорадо (США): а – *P. colorado*; б – *P. gracilis* (фото по Durden, Rose, 1978 [7]).

В России семейство представлено 8 родами и 14 видами [8]. На юге страны обитает 8 видов [9, 10], в Ростовской области – всего 4 вида: *Papilio machaon* Linnaeus, 1758, *Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758), *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758) и *Zerynthia polyxena* ([Denis et Schiffermüller], 1775) [11]. Наибольшее разнообразие таксонов и форм папилионид наблюдается в тропических и субтропических регионах, где многие виды выделяются крупными размерами, яркостью окраски и элегантностью. К слову, парусник *Ornithoptera alexandrae* (Rothschild, 1907) из восточной части Новой Гвинеи является одной из крупнейших бабочек в мире и в размахе крыльев достигает 24,8 см (у самок) [12].

В коллекции Papilionidae кафедры зоологии АБиБ представлены виды из Российской Федерации, Киргизской Республики, Республики Абхазия, Китайской Народной Республики, Социалистической Республики Вьетнам и Соломоновых Островов. Некоторые экспонаты представляют особую ценность, как например знаменитый парусник *Bhutanitis lidderdalii* Atkinson, 1873, известный под названием «Слава Бутана». Однако, коллекция остро нуждается в обновлении и пополнении.

Аналогично предыдущим статьям в серии, цель работы заключается в предоставлении сведений о составе коллекции Papilionidae кафедры зоологии АБиБ ЮФУ в форме аннотированного каталога. В задачи вошли: верификация таксономического состава и систематизация материала; определение научной, научно-практической и исторической ценности коллекции.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для каталога послужило собрание бабочек парусников ЗМ ЮФУ, разрозненно хранившихся в нескольких энтомологических ящиках (в том числе и самодельных) и крупноформатных рамках, выставившихся на обозрение посетителям и гостям музея. Часть экземпляров была определена специалистами и студентами биологического факультета в годы поимки и написания исследовательских работ, но на некоторых этикетках были указаны невалидные латинские названия. Отдельные единицы хранения сопровождалась некорректными или посторонними этикетками. Немало смонтированных бабочек содержали сведения лишь о месте поимки. В процессе обработки материала нами уточнялись современные латинские названия таксонов, проводилась верификация видовой принадлежности и, при необходимости, таксономическая диагностика. При подготовке итоговой коллекции и определения насекомых по габитусу использовались литературные [11, 13–18] и интернет-источники [19–21], а также частная коллекция чешуекрылых первого автора. Под каждый экземпляр подкалывалась этикетка, представляющая собой белый прямоугольник из плотной бумаги с текстом «Коллекционный фонд кафедры зоологии АБиБ ЮФУ». Фотографии для цветных таблиц выполнены камерой Canon EOS 800D. Номенклатура Papilionidae дана в соответствии с каталогом чешуекрылых России [8] и рядом веб-ресурсов [19, 20]. Список сокращений, использованных в каталоге:

б/э – без этикетки;	ст. – станица;	хр. – хребет;
н/д – нет данных;	с. – село;	х. – хутор.
пос. – посёлок;	ущ. – ущелье;	



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Superfamilia **PAPILIONOIDEA** Latreille, 1802

Familia **Papilionidae** Latreille, 1802

Subfamilia **Papilioninae** Latreille, 1802 (Рис. 2)

Tribus Papilionini Latreille, [1802]

Genus *Papilio* Linnaeus, 1758

1. *Papilio machaon* Linnaeus, 1758

Материал: **Россия, Ростовская область**, Тарасовский р-н, ст. Митякинская, дубовый лес, 23.VI.1967, leg. Тезикова – 1 экз. (det. Тезикова); х. Недвиговка, 07.VII.1987, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); ООПТ «Кундрюченские пески», 26.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); **Краснодарский край**, г. Новороссийск, VII.1984, leg. А. М. Хижняк – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); **Карачаево-Черкесская Республика**, уш. Даут, 20.VII.1992, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 1 экз. (det. н/д).

2. *Papilio xuthus* Linnaeus, 1767

Материал: **Россия, Дальний Восток**, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

3. *Papilio demoleus* Linnaeus, 1758

Материал: **Вьетнам**, 1982, leg. А. Прудюс – 2 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

4. *Papilio helenus* Linnaeus, 1758

Материал: **Вьетнам**, 1982, leg. А. Прудюс – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

5. *Papilio polytes* Linnaeus, 1758

Материал: **Вьетнам**, 1982, leg. А. Прудюс – 1 экз. (det. И. К. Богаева, Е. А. Богаева).

6. *Papilio metnon agenor* Linnaeus, 1768

Материал: **Китай**, leg. н/д – 1 экз. (det. н/д).

7. *Papilio maackii* Menetries, 1859

Материал: **Дальний Восток (?)**, б/э, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

8. *Papilio clytia* Linnaeus, 1758 f. *dissimilis*

Материал: **Вьетнам**, 1982, leg. А. Прудюс – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

Tribus Leptocircini Kirby, 1896

Genus *Iphiclides* Hübner, 1807

9. *Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758)

Материал: **Россия, Ростовская область**, окр. х. Недвиговка, 19.VII.1928, leg. Ю. Заломнов – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); ст. Митякинская, около лужи, 02.VII.1967, leg. М. Ханин – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); Нижний Дон, окр. с. Синявское (х. Недвиговка), балка Донской Чулек, 27.VII.1982, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Г. Б. Бахтадзе); х. Недвиговка, луг, 11.VII.1991, leg. Мамина – 1 экз. (det. “Aracelova”); Волгодонский р-н, сад «Атоммаш», 12.VII.2001,

leg. Темнюк – 1 экз. (det. Темнюк); г. Азов, палисадник, 30.VII.2006, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); окр. х. Малая Гнилуша, 10.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); х. Крымский, 25.VI.2014, leg. н/д – 1 экз. (det. н/д); х. Крымский, 27.VI.2014, leg. н/д – 1 экз. (det. н/д); **Франция**, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 1 экз. (det. н/д).

Tribus Troidini Talbot, 1939

Genus *Troides* Hübner, 1823

10. *Troides helena* (Linnaeus, 1758)

Материал: под экземпляром подколота посторонняя этикетка с текстом «*Kallima paralecta*, Java, Ява, 1.25», leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

Genus *Ornithoptera* Boisduval, 1832

11. *Ornithoptera priamus urvillianus* Guérin-Méneville, 1830

Материал: **Соломоновы Острова**, под экземпляром подколоты этикетки с текстом «*Pap. poseidon* самец ♂ Ново Гвинея, 7.50» и «*Ornith. urvilliana* (7p) Neu=Guinea», leg. н/д – 1 экз. (det. н/д).

Subfamilia **Parnassiinae** Swainson, 1840 (Рис. 3).

Tribus Parnassiini Duponchel, [1835]

Genus *Parnassius* Linnaeus, 1758

12. *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758)

Материал: **Россия, Северная Осетия – Алания**, верховья р. Цейдон, 2000–2200 м, 1991, leg. Луговой – 1 экз. (det. Гребенников); **Карачаево-Черкесская Республика**, ущ. Даут, 17.VII.1999, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

13. *Parnassius mnemosine* (Linnaeus, 1758)

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

14. *Parnassius nordmanni* (Menetries, 1850)

Материал: **Россия, Республика Адыгея**, пл. Лагонаки, 16.VIII.1993, leg. Ю. Г. Арзанов – 2 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева, И. К. Богаева); **Карачаево-Черкесская Республика**, окр. пос. Загедан, 15.III.2007, leg. Хисаметдинова – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

15. *Parnassius stubbendorfi* Menetries, 1849

Материал: **Россия, Приморский край**, пос. Романовка, 20.V.1990, leg. н/д – 1 экз. (det. А. Ю. Чичвархин); б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 1 экз. (det. н/д).

16. *Parnassius tianschanicus* Oberthür, 1879

Материал: **Киргизия**, хр. Суусамыртау, h=3000, 01.VIII.1997, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

Tribus Zerynthini Grote, 1899

Genus *Zerynthia* Ochsenheimer, 1816

17. *Zerynthia poluxena* ([Denis & Schiffermüller], 1775)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, окр. г. Аксай, 11.V.1977, leg. М. П. Корнелио – 1 экз. (det. М. П. Корнелио); ст. Нижнекундрюченская, 15.V.1988, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. н/д); Мясниковский р-н, х. Недвиговка, 30.V.1991, leg. Литвиненко – 1 экз. (det. А. Б. Осипов); х. Недвиговка, V.1992, leg. А. Б. Осипов – 2 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); Щепкинский лес, V.1997, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); окр. пос. Кононов, III.2010, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); г. Ростов-н/Д, з-к Ростовский, 24.IV.2010, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина).

Genus *Allancastria* Bryk, 1934

18a. *Allancastria caucasica* (Lederer, 1864)

**Материал:** **Россия, Краснодарский край**, с. Фанагорийское, 20.IV.1992, leg. А. Пузык – 1 экз. (det. Ю. Г. Арзанов).

18b. *Allancastria caucasica cachetica* (Sheljuzhko, 1927)

**Материал:** **Абхазия**, гора Турецкая Шапка, 09–10.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

Genus *Sericinus* Westwood, 1851

19. *Sericinus montela* Gray, 1852

**Материал:** **Россия, Приморский край**, пос. Романовка, 14.V.1990, leg. н/д – 2 экз. (det. А. Ю. Чичвархин).

Genus *Bhutanitis* Atkinson, 1873

20. *Bhutanitis lidderdalii* Atkinson, 1873

**Материал:** под экземпляром подколота посторонняя этикетка с текстом «*Symphaedra dirtaea*, Java, Ява, 1.20», leg. н/д – 1 экз. (det. н/д).

Tribus *Luehdorfïini* Tutt, 1896

Genus *Luehdorfia* Cruger, 1878

21. *Luehdorfia puziloi* (Erschoff, 1872)

**Материал:** **Россия, Приморский край**, окр. г. Владивосток, V.1981 – яйцекладка *Luehdorfia* на копытне, 22.III.1982 – вышла бабочка в садке, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева); г. Владивосток, бот. Сад, 15.V.1991, leg. А. Ю. Чичвархин – 1 экз. (det. Ю. Г. Арзанов).

По состоянию на первый квартал 2023 года коллекция парусников кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии ЮФУ насчитывает 21 вид (Рис. 2, 3) из 10 родов в составе шести триб и двух подсемейств. Общее число единиц хранения составляет 52 смонтированных экземпляра.

В целом, содержимое коллекции можно условно разделить на две части:

1) Чёрная энтомологическая коробка советского образца с Papilioninae, объединяющая собрание палеарктических и частично индо-малайских видов (*Papilio machaon*, *P. xuthus*, *P. maackii*, *Iphiclides podalirius*), а также фрагментарные сборы тропических парусников (*P. demoleus*, *P. helenus*, *P. polytes*, *P. temnon agenor*, *P. clytia*, *Troides helena*, *Ornithoptera priamus urvillianus*).

В буквальном смысле выдающимся элементом собрания является гигантская, с размахом крыльев в 15 см, птицекрылка Приам, названная Карлом Линнеем в честь персонажа древнегреческой мифологии, последнего царя Трои. Вид имеет довольно широкое распространение на Соломоновых и Молуккских островах, в Новой Гвинее

и северо-восточной части Австралии, но при этом включён в перечень СИТЕС [22], как вид, экспорт, реэкспорт и импорт которого регулируется Конвенцией о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения [23].



Рис. 2. Представители подсемейства Papilioninae из коллекции зоологического музея кафедры зоологии ЮФУ (нумерация соответствует каталогу). Фото: Н. С. Елфимова.

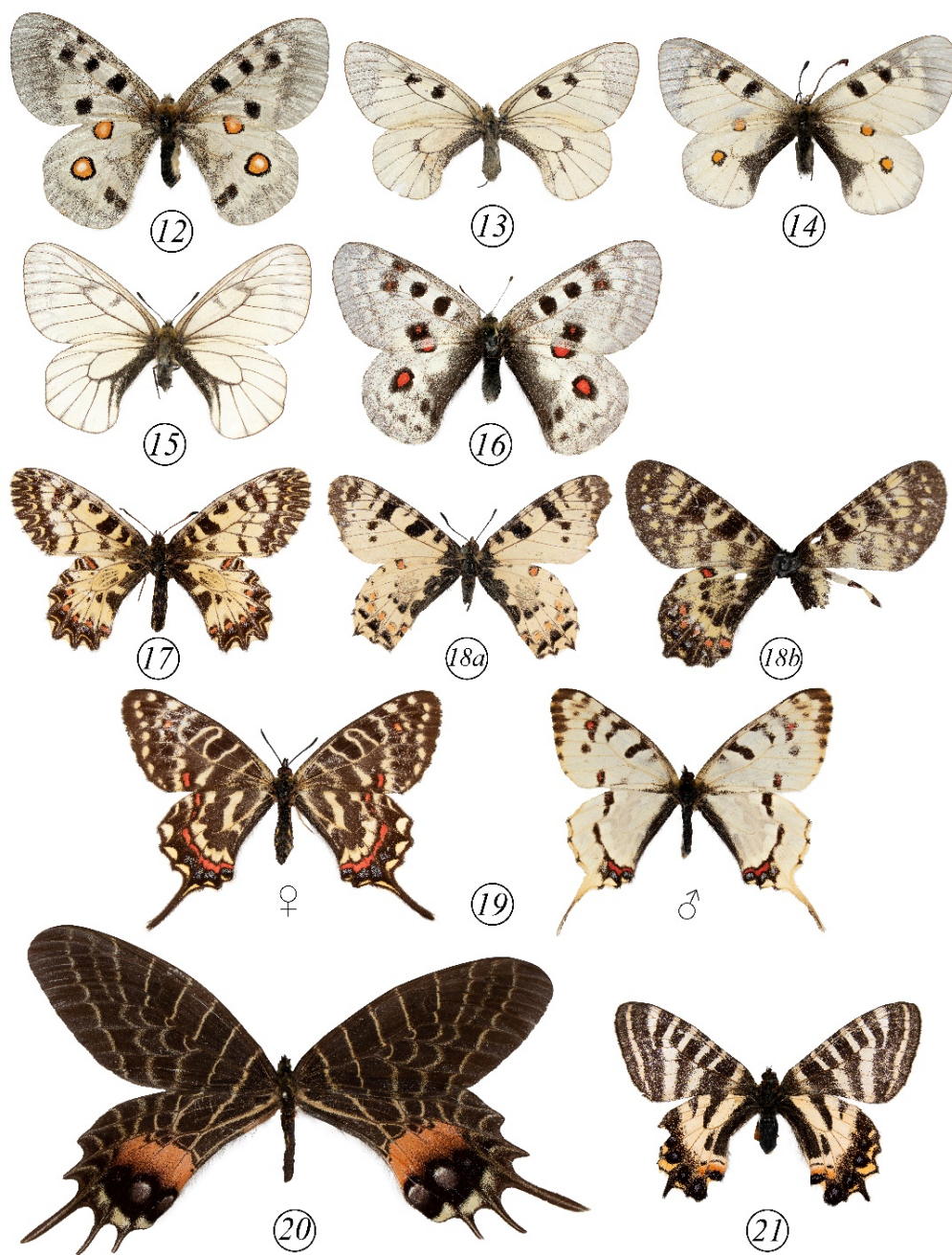


Рис. 3. Представители подсемейства Parnassiinae из коллекции зоологического музея кафедры зоологии ЮФУ (нумерация соответствует каталогу). Фото: Н. С. Елфимова.

2) Чёрная энтомологическая коробка советского образца с Parnassiinae, среди которых имеются весьма примечательные образцы. Например, в серии *Zerynthia polyxena* сохранился экземпляр из коллекции Михаила Петровича Корнелио – хорошо известного ростовского лепидоптеролога-любителя, за авторством которого вышел в свет популярный «Школьный атлас-определитель бабочек» [24]. Михаил Петрович начал свои энтомологические изыскания в 70-х годах прошлого века в тесном сотрудничестве с кафедрой зоологии Ростовского университета. Активно собирал материал по чешуекрылым, хорошо разбирался в *Rhopaloscega* и отлично рисовал. На волне острой необходимости в доступной справочной литературе по бабочкам для школьников (и не только) и заручившись поддержкой В. А. Миноранского, О. Л. Крыжановского, В. И. Кузнецова и Б. М. Мамаева, в 1986 году Корнелио издал свой определитель, при этом самостоятельно его проиллюстрировал. Увлечение бабочками из хобби переросло в цель. Михаил Петрович вместе с супругой активно занимались полевой работой и с целью сбора материала осуществили ряд экспедиций по средней полосе России, Дальнему Востоку, Алтаю и Казахстану.

Ниже – подвид *Allancastris caucasica cachetica*, описанный Львом Андреевичем Шелюжко в 1927 году. Л. А. Шелюжко – известный украинский (а впоследствии немецкий) лепидоптеролог, доктор биологических наук, профессор, участник множества зоологических экспедиций (Западный Памир, Армения, Дагестан) и, в своё время, владелец одной из крупнейших коллекций чешуекрылых, насчитывающей более чем 300 000 экземпляров [9, 25]. В 1930-х годах работал сотрудником Зоологического музея Киевского университета, где продолжал трудиться и в период немецкой оккупации в 1941 году. Оккупационные власти объявили коллекции зоомузея военным трофеем и осенью 1943 года, во время наступления Красной Армии, их попытались вывезти в Восточную Пруссию [9, 25]. Л. А. Шелюжко с некоторыми другими своими коллегами приняли решение выехать вместе с немецким руководством музея на территорию Германии. Коллекции сперва доставили в Кенигсберг, а затем в городок Хейльсберг. Ответственным за транспортировку материала из Хейльсберга в Мюнхен был назначен штабной офицер Б. Альберти. Однако планы были сорваны стремительным наступлением войск 2-го Белорусского фронта, и в конце января 1945 года Хейльсберг был взят советскими войсками. По счастливому стечению обстоятельств, брошенные в суматохе боевых действий коллекции были обнаружены одним из офицеров-политработников, который убедил командование отправить их в Москву [9, 25]. Впоследствии, коллекции были возвращены в Киев, где по сей день хранятся в Зоологическом музее Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. В 1946 году Л. А. Шелюжко был зачислен в штат Баварского зоологического музея и оставался его сотрудником до конца жизни [9, 25].

В коллекции представлены и охраняемые таксоны, из которых, например, *Sericinus montela* занесён в Красную книгу Российской Федерации с категорией статуса редкости «3 – редкий вид» (в России по шкале МСОП – VU A2ac) [26], а *Parnassius apollo* – с категорией «2 – сокращающийся в численности и/или

распространении вид» (в России по шкале МСОП – VU A4c; в Красном списке МСОП – LC) [27]. *P. mnemosine* занесён в Красную книгу Ростовской области [28] как редкий и фигурировал в КК РФ [29] как сокращающийся в численности вид. *P. tianschanicus* – сокращающийся в численности вид, ареал которого сильно дизъюнктивен и простирается от Туркестанского, Зеравшанского и Гиссарского хребтов через Тянь-Шань до Джунгарского Алатау и Саура [30]. Среди прочих выделяется знаменитый парусник «Слава Бутана» *Bhutanitis lidderdalii*, внесённый в перечень СИТЕС [22, 31]. Однако, несмотря на охранный статус и конвенциональное регулирование торговли, вид ежегодно в больших количествах незаконно отлавливается для коммерческих целей [32].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коллекция парусников является заметной частью общего собрания булавоусых чешуекрылых кафедры зоологии АБиБ ЮФУ. За долгие годы её наполнение претерпевало множество изменений, в том числе и негативных: некоторые экземпляры пришли в негодность в результате жизнедеятельности вредителей естественнонаучных коллекций, часть была утеряна вследствие пресловутого человеческого фактора. Между тем, до сегодняшнего дня удалось сохранить уникальные экземпляры тропических папилионид, пойманных ещё в XIX веке. Теперь эти бабочки имеют особую историческую ценность и являются предметом острого интереса у студентов-энтомологов. Как и, к слову, представители подсемейства Parnassiinae, среди которых представлены «знаменитые» *Parnassius apollo*, *Parnassius tianschanicus*, *Allancastris caucasica*, *Sericinus montela*, *Bhutanitis lidderdalii* и другие.

Говоря об «историчности» не лишним будет еще раз упомянуть, что, в процессе работы с коллекцией можно наткнуться на фамилии известных лепидоптерологов прошлых лет, таких как М. П. Корнелио и Л. А. Шелюшко. Пускай судьба этих морально далёких друг от друга, но объединённых одной страстью людей сложилась по-разному, их имена на этикетках пробуждают интерес к их научному наследию и истории изучения чешуекрылых в целом.

Коллекция парусников кафедры зоологии стала основой для проектной деятельности коллектива молодых биологов из Специализированного учебно-научного центра Южного федерального округа (СУНЦ ЮФО), подготовивших объёмную обзорную работу с анализом географического распространения представленных в ней таксонов [33–35]. Проект занял призовые места в ряде конкурсов, а его авторы удостоились нескольких наград, что повлекло за собой волну интереса к энтомологии среди обучающихся старших классов специализированных учебных центров и общеобразовательных школ.

Собрание Papilionidae ЗМ ЮФУ долгое время критически нуждалось в ревизии. Теперь коллекция требует пополнения с целью повышения её репрезентативности относительно разнообразия парусников юга России и других регионов страны. Работы в этом направлении запланированы на начало будущего полевого сезона и будут сопровождаться привлечением как специалистов, так и активной части студентов-биологов. Исследования подразумевают сбор эмпирических данных о

состоянии популяций редких и уязвимых видов парусников, что ляжет в основу разработки мероприятий по охране местообитаний и актуализации сведений для Красных книг.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны С. В. Шамониной, А. В. Долиной, А. О. Сурма, В. С. Тихоновой и И. К. Богаевой за участие в каталогизации коллекции булавоусых чешуекрылых зоологического музея кафедры зоологии АБиБ ЮФУ. Некоторые сведения о биографии М. П. Корнелио в процессе содержательной беседы предоставил профессор В. А. Миноранский. За поддержание интереса к созданию текущей серии работ благодарим члена Русского энтомологического общества Э. А. Хачикова.

#### Список литературы

1. Всероссийская конференция «Зоологические коллекции как источник генетических ресурсов мировой фауны – классические и современные подходы к их изучению, хранению и использованию» 22–23 июня 2022 г. Программа, тезисы докладов и постерных сообщений. – Санкт-Петербург: ЗИН РАН, 2022. – 44 с.
2. PRO Сибирь. URL: <https://prosiberia.tsu.ru> (дата обращения: 23.01.2023).
3. Шаповалов М. И. Энтомологическая коллекция: учебное пособие / М. И. Шаповалов. – Майкоп: издательство АГУ, 2021. – 52 с.
4. Маталин А. В. Каталог коллекции животных кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета. Сообщение 1. Отряд Жесткокрылые – Coleoptera, семейство жуки – Carabidae, подсемейство скакуны – Cicindelinae / А. В. Маталин, Ю. Г. Арзанов, Э. А. Хачиков // Живые и биокосные системы. – 2019. – № 29. – С. 7. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-29/article-7>
5. Романчук Р. В. Каталог коллекции животных кафедры зоологии академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета. Сообщение 2. Отряд чешуекрылые – Lepidoptera, семейство листовёртки – Tortricidae / Р. В. Романчук, О. А. Кладковая // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 140–155.
6. Van Nieuwerkerken E. J. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758 / E. J. Van Nieuwerkerken, L. Kaila, I. J. Kitching, N. P. Kristensen, D. C. Lees, J. Minet, Ch. Mitter, M. Mutanen, J. C. Regier, T. J. Simonsen, N. Wahlberg, Sh. Yen, R. Zahiri, D. Adamski, J. Baixeras, D. Bartsch, B. Å. Bengtsson, J. W. Brown, S. R. Bucheli, D. R. Davis, J. De Prins, W. De Prins, M. E. Epstein, P. Gentili-Poole, C. Gielis, P. Hättenschwiler, A. Hausmann, J. D. Holloway, A. Kallies, O. Karsholt, A. Y. Kawahara, S. (J. C.) Koster, M. V. Kozlov, J. D. Lafontaine, G. Lamas, J.-F. Landry, S. Lee, M. Nuss, K.-T. Park, C. Penz, J. Rota, A. Schintlmeister, B. Ch. Schmidt, J.-Ch. Sohn, M. A. Solis, G. M. Tarmann, A. D. Warren, S. Weller, R. V. Yakovlev, V. V. Zolotuhin, A. Zwick // Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. – Zootaxa. Auckland, New Zealand: Magnolia Press, 2011. – Vol. 3148. – P. 212–221.
7. Durden C. J. Butterflies from the middle Eocene: the earliest occurrence of fossil Papilionidae (Lepidoptera) / C. J. Durden, H. Rose // Pearce-Sellards Series. Tex. Mem. Mus. – 1978. – № 29. – С. 1–25.
8. Аникин В. В. Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Издание 2-е / В. В. Аникин, С. В. Барышникова, Е. А. Беляев, Ю.И. Будашкин, Э. Й. ван Ньюкеркен, О. Г. Горбунов, В. В. Дубатов, К. А. Ефетов, В. В. Золотухин, С. А. Князев, В. Н. Ковтунович, М. В. Козлов, В. С. Кононенко, Ю. А. Ловцова, В. А. Лухтанов, А. Л. Львовский, А. Ю. Матов, В. Г. Миронов, С. В. Недошивина, М. Г. Пономаренко, А. В. Свиридов, С. Ю. Синёв, А. В. Соловьев, А. Н. Стрельцов, Т. А. Трофимова, П. Я. Устюжанин, Д. Ф. Шовкун, Р. В. Яковлев. – Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН, 2019. – 448 с.



9. Бабочки Кавказа и юга России. URL: <http://babochki-kavkaza.ru> (дата обращения: 23.01.2023).
10. Бабочки Крыма. URL: <https://lepidu.ru> (дата обращения: 23.01.2023).
11. Полтавский А. Н. Булавоусые бабочки Ростовской области и юга России (Lepidoptera: Rhopalocera) / А. Н. Полтавский. – Ростов-на-Дону: Издательство ООО «Артель», 2009. – 72 с.
12. Каабак Л. В. Бабочки мира / Л. В. Каабак, А. В. Сочивко. – Москва: Аванта+, 2003. – 184 с.
13. Львовский А. Л. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы / А. Л. Львовский, Д. В. Моргун. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 443 с.
14. Parsons M. The Butterflies of Papua New Guinea: Their Systematics and Biology / M. Parsons. – Academic Press, 1998. – 736 p.
15. Seitz A. The Macrolepidoptera of the Indo-Australian Fauna Vol. 9 The Indo-Australian Rhopalocera / A. Seitz. – Stuttgart: Alfred Kernen Publisher, 1927. – 1201 p.
16. Smart P. The Illustrated Encyclopedia of the Butterfly World / P. Smart. – Leisure Books, 1985. – 274 p.
17. Rumbucher K. Butterflies of the World. Part 6. Papilionidae III. Troides / K. Rumbucher, B. von Knötgen. – Goecke & Evers, 1999. – 44 p.
18. Rumbucher K. Butterflies of the World. Part 7. Papilionidae V. Troides II / K. Rumbucher, B. von Knötgen. – Goecke & Evers, 1999. – 44 p.
19. Insecta.pro. Insects (Insecta) of the World. URL: <http://insecta.pro> (дата обращения: 25.01.2023).
20. Lepiforum e.V. URL: <https://lepiforum.org> (дата обращения: 25.01.2023).
21. Lepidoptera Mundi. URL: <https://lepidoptera.eu> (дата обращения: 25.01.2023).
22. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. URL: <https://cites.org/eng> (дата обращения: 27.01.2023).
23. Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (Вашингтон, 3 марта 1973 года). URL: <https://www.conventions.ru/convention/id/?id=39> (дата обращения: 27.01.2023).
24. Корнелио М. П. Школьный атлас-определитель бабочек / М. П. Корнелио. – Москва: Просвещение, 1986. – 255 с.
25. Некрутенко Ю. П. Дневные бабочки Кавказа / Ю. П. Некрутенко. – Киев: Наукова думка, 1990. – 251 с.
26. Беляев Е. А. Серицин *Sericinus montela* Gray, 1853 / Е. А. Беляев // Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. – Москва: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. – С. 251–252.
27. Соболев Н. А. Обыкновенный аполлон *Parnassius apollo* Linnaeus, 1758 / Н. А. Соболев, А. В. Свиридов, П. В. Богданов // Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. – Москва: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. – С. 223–225.
28. Страдомский Б. В. Мнемозина, или черный аполлон *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758) / Б. В. Страдомский // Красная книга Ростовской области. Издание 2-е. – Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2014. – С. 101.
29. Красная книга Российской Федерации (животные). – Москва: АСТ: Астрель, 2001. – 862 с.
30. Торопов С. А. Дневные бабочки (Lepidoptera, Papilionoidea) Джунгара, Тянь-Шаня, Алтая и Восточного Памира. Т. 1. Papilionidae, Pieridae, Satyridae / С. А. Торопов, А. Б. Жданко. – Бишкек, 2006. – 383 с.
31. CITES. Appendices. URL: <https://cites.org/eng/app/appendices.php> (дата обращения: 29.01.2023).
32. Collins N. M. Threatened Swallowtail Butterflies of the World / N. M. Collins, M. G. Morris. – IUCN, 1985. – 401 p.
33. Проектируй. Воплощай! Лицей Южного федерального университета. URL: <http://create.lyceum.tilda.ws> (дата обращения: 28.01.2023).
34. В Точке кипения ЮФУ прошёл первый Всероссийский конкурс проектных работ школьников «Проектируй. Воплощай!». Институт филологии, журналистики и межкультурной коммуникации ЮФУ. URL: <https://philology.sfedu.ru/?p=5630> (дата обращения: 28.01.2023).
35. Лицей ЮФУ провёл Всероссийский конкурс проектных работ школьников. Южный федеральный университет: пресс-центр. URL: <https://sfedu.ru/press-center/news/68527> (дата обращения: 28.01.2023).

CATALOGUE OF THE ANIMAL COLLECTION OF THE DEPARTMENT OF  
ZOOLOGY OF THE ACADEMY OF BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY  
NAMED AFTER D. I. IVANOVSKY OF SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY.  
COMMUNICATION 3. ORDER LEPIDOPTERA, FAMILY SWALLOWTAIL  
BUTTERFLIES – PAPILIONIDAE

Romanchuk R. V.<sup>1,2</sup>, Bogaeva E. A.<sup>3</sup>, Elfimova N. S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>Testing Laboratory of Rostov Branch of FGBU "VNIKR", Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup>Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>4</sup>Azov-Black Sea Branch of FGBU "VNIRO", Rostov-on-Don, Russia

E-mail: roma.romanchuk.95@bk.ru

This paper continues a series of research articles devoted to the description of the taxonomic diversity and cataloging of animals presented in the collections of the Zoology Department Museum of Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University. Zoological collections are a specific, but very valuable form of documentation of scientific research. They allow you to summarize materials and draw conclusions about how diverse animals are and how widespread they are. Properly collected and properly designed zoological collections serve as serious factual material confirming the reliability of field research. In addition, representative collection funds can serve as a basis for future scientific works, while satisfying the interests of both professional scientists and interested students.

Swallowtails (Papilionidae) are a widespread family of Rhopalocera, numbering about 570 recent and 2 fossil species. In Russia, the family is represented by 8 genera and 14 species. In the south of the country there are 8 species, in the Rostov region there are only 4 species: *Papilio machaon*, *Iphiclides podalirius*, *Parnassius mnemosyne* and *Zerynthia polyxena*. The greatest diversity of taxa and forms of papilionids is observed in tropical and subtropical regions, where many species are distinguished by their large size, brightness of color and elegance. By the way, the *Ornithoptera alexandrae* (Rothschild, 1907) from the eastern part of New Guinea is one of the largest butterflies in the world.

The collection of Papilionidae of the Department of Zoology includes species from the Russian Federation, the Kyrgyz Republic, the Republic of Abkhazia, the People's Republic of China, the Socialist Republic of Vietnam, and the Solomon Islands. Some exhibits are of value, such as the famous *Bhutanitis lidderdalii* Atkinson, 1873, known as "The Glory of Bhutan". However, the collection is in dire need of updating and replenishment.

The purpose is to provide information about the composition of the Papilionidae collection of the Zoology Department Museum of Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University in the form of an annotated catalog. The tasks included: verification of the taxonomic composition and systematization of the material; determination of the scientific, scientific-practical, and historical value of the collection. As of the first quarter of 2023, the Swallowtails collection of the Zoology Department of the Academy of Biology and Biotechnology of the Southern Federal University has 21 species from 10 genera consisting of six tribes and two subfamilies.

The Subfamilia Papilioninae is represented by 11 species: *Papilio machaon* Linnaeus, 1758; *Papilio xuthus* Linnaeus, 1767; *Papilio demoleus* Linnaeus, 1758; *Papilio helenus* Linnaeus, 1758; *Papilio polytes* Linnaeus, 1758; *Papilio memnon agenor* Linnaeus, 1768; *Papilio maackii* Menetries, 1859; *Papilio clytia* Linnaeus, 1758; *Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758); *Troides helena* (Linnaeus, 1758); *Ornithoptera priamus urvillianus* Guérin-Méneville, 1830.

The Subfamilia Parnassiinae is represented by 10 species: *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758); *Parnassius mnemosine* (Linnaeus, 1758); *Parnassius nordmanni* (Menetries, 1850); *Parnassius stubbendorfi* Menetries, 1849; *Parnassius tianschanicus* Oberthür, 1879; *Zerynthia polyxena* ([Denis & Schiffermüller], 1775); *Allancastris caucasica* (Lederer, 1864); *Sericinus montela* Gray, 1852; *Bhutanitis lidderdalii* Atkinson, 1873; *Luehdorfia puziloi* (Erschoff, 1872).

The Papilionidae collection was in critical need of revision for a long time. Now the collection needs to be replenished to increase its representativeness in relation to the diversity of sailboats in the south of Russia and other regions of the country. Work in this direction is planned for the beginning of the next field season and will be accompanied by the involvement of both specialists and biology students. The research involves the collection of empirical data on the state of populations of rare and vulnerable species of Swallowtails, which will form the basis for the development of measures to protect habitats and update information for the Red Data Books.

**Keywords:** Southern Federal University, Zoology Department, collection fund, Swallowtail butterflies, Lepidoptera, Papilionidae, catalogue.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to S. V. Shamonina, A.V. Dolina, A. O. Surma, V. S. Tikhonova and I. K. Bogaeva for their participation in cataloguing the Rhopalocera collection of the Zoological Museum of the Zoology Department of the Academy of Biology and Biotechnology of the Southern Federal University. Some information about the biography of M. P. Cornelio during a meaningful conversation was provided by Professor V. A. Minoransky. For maintaining interest in the creation of the current series of works, we thank member of the Russian Entomological Society E. A. Khachikov.

#### References

1. *All-Russian conference "Zoological collections as the source of genetic resources of the world fauna – classical and modern approaches to its study, storage and use" June 22–23, 2022. Program, abstracts of talks and posters.* (St. Petersburg: ZIN RAS, 2022), 44 p.
2. PRO Siberia. URL: <https://prosiberia.tsu.ru> (accessed: 23.01.2023).
3. Shapovalov M. I. *Entomological collection*, 52 (Maykop: ASU Publishing House, 2021).
4. Matalin A. V., Arzanov Yu. G., Khachikov E. A. Catalog of the collection of animals of the Department of Zoology of the Academy of Biology and Biotechnology Named After D. I. Ivanovsky of Southern Federal University. Communication 1. Order Coleoptera, family Carabidae, Subfamilia Cicindelinae, *Living and bio-inert systems*, **29**, 7 (2019). URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-29/article-7>
5. Romanchuk R.V., Kladvovaya O. A. Catalogue of the animal collection of the Department of Zoology of the Academy of Biology and Biotechnology Named After D. I. Ivanovsky of Southern Federal

- University. Communication 2. Order Lepidoptera, family Leafroller Moths – Tortricidae, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **8** (1), 140 (2022).
6. Van Nieuwerkerken E. J., Kaila L., Kitching I. J., Kristensen N. P., Lees D. C., Minet J., Mitter Ch., Mutanen M., Regier J. C., Simonsen T. J., Wahlberg N., Yen Sh., Zahiri R., Adamski D., Baixeras J., Bartsch D., Bengtsson B. Å., Brown J. W., Bucheli S. R., Davis D. R., De Prins J., De Prins W., Epstein M. E., Gentili-Poole P., Gielis C., Hättenschwiler P., Hausmann A., Holloway J. D., Kallies A., Karsholt O., Kawahara A. Y., Koster S. (J. C.), Kozlov M. V., Lafontaine J. D., Lamas G., Landry J.-F., Lee S., Nuss M., Park K.-T., Penz C., Rota J., Schintlmeister A., Schmidt B. Ch., Sohn J.-Ch., Solis M. A., Tarmann G. M., Warren A. D., Weller S., Yakovlev R. V., Zolotuhin V. V., Zwick A. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758, *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*, 212–221 (Zootaxa. Auckland, New Zealand: Magnolia Press, 2011).
  7. Durden C. J., Rose H. Butterflies from the middle Eocene: the earliest occurrence of fossil Papilionidae (Lepidoptera), *Pearce-Sellards Series. Tex. Mem. Mus.*, **29**, 1 (1978).
  8. Anikin V. V., Baryshnikova S. V., Beljaev E. A., Budashkin Yu. I., Van Nieuwerkerken E. J., Gorbunov O. G., Dubatolov V. V., Efetov K. A., Zolotuhin V. V., Knyazev S. A., Kovtunovich V. N., Kozlov M. V., Kononenko V. S., Lovtsova Ju. A., Lukhtanov V. A., Lvovsky A. L., Matov A. Yu., Mironov V. G., Nedoshivina S. V., Ponomarenko M. G., Sviridov A. V., Sinev S. Yu., Solovjev A. V., Streltsov A. N., Trofimova T. A., Ustjuzhanin P. Ya., Shovkoon D. F., Yakovlev R. V. *Catalogue of the Lepidoptera of Russia. Edition 2*, 448 p. (St. Petersburg: Zoological Institute of RAS, 2019).
  9. Butterflies of the Caucasus and the South of Russia. URL: <http://babochki-kavkaza.ru> (accessed: 23.01.2023).
  10. Lepidoptera of Crimea. URL: <https://lepido.ru> (accessed: 23.01.2023).
  11. Poltavsky A. N. Butterflies of the Rostov region and the south of Russia (Lepidoptera: Rhopalocera), 72 (Rostov-on-Don: Artel, 2009).
  12. Kaabak L. V., Sochivko A. V. *Butterflies of the World*, 184 p. (Moscow: Avanta+, 2003).
  13. Lvovsky A. L., Morgun D. V. *Butterflies of Eastern Europe*, 443 p. (Moscow: KMK Scientific Press, 2007).
  14. Parsons M. *The Butterflies of Papua New Guinea: Their Systematics and Biology*, 736 p. (Academic Press, 1998).
  15. Seitz A. *The Macrolepidoptera of the Indo-Australian Fauna Vol. 9 The Indo-Australian Rhopalocera*, 1201 p. (Stuttgart: Alfred Kernen Publisher, 1927).
  16. Smart P. *The Illustrated Encyclopedia of the Butterfly World*, 274 p. (Leisure Books, 1985).
  17. Rumbucher K., von Knötgen B. *Butterflies of the World. Part 6. Papilionidae III. Troides*, 44 p. (Goecke & Evers, 1999).
  18. Rumbucher K., von Knötgen B. *Butterflies of the World. Part 7. Papilionidae V. Troides II*, 44 p. (Goecke & Evers, 1999).
  19. Insecta.pro. Insects (Insecta) of the World. URL: <http://insecta.pro> (accessed: 25.01.2023).
  20. Lepiforum e.V. URL: <https://lepiforum.org> (accessed: 25.01.2023).
  21. Lepidoptera Mundi. URL: <https://lepidoptera.eu> (accessed: 25.01.2023).
  22. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. URL: <https://cites.org/eng> (accessed: 27.01.2023).
  23. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Washington, March 3, 1973). URL: <https://www.conventions.ru/convention/id/?id=39> (accessed: 27.01.2023).
  24. Kornelio M. P. *School guide of butterflies*, 255 p. (Moscow: Prosveshchenie, 1986).
  25. Nekrutenko Yu. P. *Day butterflies of the Caucasus*, 251 p. (Kiev: Naukova Dumka publ., 1990).
  26. Belyaev E. A. *Sericin Sericinus montela* Gray, 1853, *Red Book of the Russian Federation, volume "Animals". 2nd edition*. (Moscow: FGBU "VNII Ekologiya", 2021), 251–252.
  27. Sobolev N. A., Sviridov A. V., Bogdanov P. V. Apollo Butterfly *Parnassius apollo* Linnaeus, 1758, *Red Book of the Russian Federation, volume "Animals". 2nd edition*. (Moscow: FGBU "VNII Ekologiya", 2021), 223–225.
  28. Stradomsky B. V. Mnemosyne, or the black Apollo *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758), *Red Book of the Rostov region. 2nd edition*. (Rostov-on-Don: LLC "Don Publishing House", 2014), 101.
  29. *The Red Book of the Russian Federation (animals)*, 862 p. (Moscow: AST: Astrel, 2001).

30. Toropov S. A., Zhdanko. A. B. *Day butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) Dzungara, Tien Shan, Altai and the Eastern Pamirs. Vol. 1. Papilionidae, Pieridae, Satyridae*, 383 p. (Bishkek, 2006).
31. CITES. Appendices. URL: <https://cites.org/eng/app/appendices.php> (accessed: 29.01.2023).
32. Collins N. M., Morris M. G. *Threatened Swallowtail Butterflies of the World*, 401 p. (IUCN, 1985).
33. Design. Embody! Lyceum of the Southern Federal University. URL: <http://create.lyceum.tilda.ws> (accessed: 28.01.2023).
34. The first All-Russian competition of design works of schoolchildren "Design. Embody!". Institute of Philology, Journalism, and Intercultural Communication of SFU. URL: <https://philology.sfedu.ru/?p=5630> (accessed: 28.01.2023).
35. The Lyceum of the Southern Federal University held the All-Russian competition of design works of schoolchildren. Southern Federal University: press center. URL: <https://sfedu.ru/press-center/news/68527> (accessed: 28.01.2023).

**УДК 57.04**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-214-226**

## **ВЛИЯНИЕ ИЗОЛИРОВАННОГО И КОМБИНИРОВАННОГО ПРИЕМА АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И РЕСВЕРАТРОЛА НА РАЗВИТИЕ ТРЕВОЖНОСТИ У КРЫС**

*Семенченко К. Г., Трибрат Н. С.*

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

В статье показаны эффекты при изолированном и комбинированном пероральном приеме ацетилсалициловой кислоты и ресвератрола в дозе 20 мг/кг на развитие тревожности. Работа выполнена с использованием валидного теста для определения уровня тревожности – теста «крестообразный преподнятый лабиринт». Оценка уровня тревожности производилась до (фон), а также после 5-суточного приема исследуемых веществ при их изолированном и комбинированном приеме. Было показано, что изолированный 5-тидневный прием ацетилсалициловой в дозе 20 мг/кг кислоты способствует развитию тревожности. Изолированный 5-тидневный прием ресвератрола в дозе 20 мг/кг имеет аналогичный эффект. Однако совместный прием исследуемых веществ демонстрирует противоположное действие – умеренный анксиолитический эффект.

**Ключевые слова:** ацетилсалициловая кислота, ресвератрол, анксиолитический эффект.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема тревожного поведения и его влияние на здоровье человека в современных научных исследованиях привлекает всё больше внимание исследователей. Этому вопросу уделяется всё большее значение. Исходя из социологических данных, а также данных медицинской статистики, можно говорить о том, что тревожные расстройства занимают лидирующее место по эпидемиологической значимости среди населения [1, 2]. Современные ученые относят тревожные нарушения к общемедицинской проблеме, отмечая, что распространенность проявлений тревожности различного генеза среди пациентов, обращающихся в поликлиники, составляет от 12 до 70 % [3]. С каждым годом случаев обращения с данной проблемой становится всё больше. Стоит отметить, что повышение уровня тревожности сказывается не только на физиологическом состоянии и здоровье индивида, но также способствует социально-психологической дезадаптации и повышению суицидального риска [4]. Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) тревожные расстройства обходятся миру в \$1 трлн ежегодно [5]. Терапевтические мероприятия включают в себя как

социально-психологическую помощь, так и прием лекарственных препаратов – анксиолитиков.

Механизм действия анксиолитиков основан на снижении возбудимости нейронов подкорковых структур, в числе которых лимбическая система, гиппокамп, таламус, гипоталамус, ретикулярная формация [6], что влечёт за собой ряд побочных эффектов, в частности, сонливость, миорелаксацию. Подобные изменения накладывают ограничения на трудовую производительность пациента.

Наряду с проблемой побочных эффектов анксиолитических препаратов важно отметить и тот факт, что данные средства приобретаются только строго по рецепту лечащего врача, что обусловлено спецификой их действия на психо-эмоциональную сферу человека. Возможно развитие синдрома отмены, что также ограничивает эффективность разрешения вопросов, связанных с тревогой в полной мере.

Таким образом, актуальна проблема поиска безопасных средств, с анксиолитическим эффектом. Значительную роль играет доступность для населения.

Одним из самых распространённых лекарственных средств выступает ацетилсалициловая кислота (АСК). К известным эффектам АСК можно отнести обезболивающее, жаропонижающее, противовоспалительное действия, снижение способности тромбоцитов к адгезии и агрегации и другие эффекты. АСК входит в список важнейших лекарственных средств ВОЗ, а также в перечень ЖНВЛП РФ [7]. Высокая эффективность АСК и низкая ее стоимость сделали АСК одним из самых популярных препаратов. Есть исследования, в которых АСК зарекомендовала себя как вещество, способное изменять уровень психоэмоционального состояния и поведения животных. В частности был выявлен противодепрессивный эффект АСК как в терапевтической дозе (40 мг/кг), так и в сверхмалых дозах ( $40 \cdot 10^{-10}$  мг/кг) [8].

Однако в отношении анксиолитических свойств данные разнятся. Так в работе, где приём АСК применялся в терапевтической дозе (40 мг/кг), было продемонстрировано увеличение уровня тревожности у крыс, а при введении вещества в сверхмалых дозах ( $40 \cdot 10^{-10}$  мг/кг), АСК оказывала анксиолитическое действие [9].

Из-за немногочисленных и противоречивых данных о влиянии АСК на уровень тревожности, целесообразно дальнейшее исследование анксиолитического эффекта этого вещества.

Одним из известных побочных эффектов АСК является развитие гастропатии [10]. Механизмы ее развития складываются из непосредственного токсического воздействия АСК на слизистую желудка, снижение ее защитных свойств в связи со снижением синтеза простагландинов E и F.

Наряду с давно изученными синтетическими лекарственными средствами, в последнее время появляется все больше препаратов, полученных из растительного сырья, главным преимуществом которых является поливалентность их действия, с учетом этиопатогенетической и симптоматической терапии. Фитопрепараты обеспечивают седативное, анксиолитическое, снотворное, тонизирующее, ноотропное, антигипоксантажное действие [11]. Привлекательным в препаратах растительного происхождения является их высокий профиль безопасности.

Одними из представителей данной группы, являются полифенолы винограда – мощные антиоксиданты натурального происхождения, с широким спектром биологической активности, в том числе, способствующие нормализации психоэмоционального состояния. Хорошо изученным представителем данного класса соединений является вещество – ресвератрол. В экспериментах показано, что ресвератрол ускоряет регенерацию нервных связей в поврежденных участках мозга, помогая восстановить когнитивные способности у неврологических больных или пожилых людей [12, 13]. Ресвератрол может быть использован в качестве профилактического препарата когнитивных нарушений. Имеются сведения об анксиолитическом и стресс-протекторном эффектах [14].

Перспективным может быть, совместный прием исследуемых веществ – ресвератрола и АСК, что открывает возможности выявления модулирующего действия одного препарата действием другого. Кроме того, в ряде исследований было показано способность ресвератрола ингибировать поражение гастроинтестинального тракта за счет ингибирования активности несоклькихштаммов *Helicobacter pylori in vitro*, которые, в частности, являются одной из причин развития гастритов и язвенных поражений органов желудочно-кишечного тракта [15].

Таким образом, целью настоящего исследования явилась оценка анксиолитического эффекта АСК и ресвератрола при изолированном приеме этих веществ, а также выявление анксиолитической эффективности при их совместном приеме.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все животные были разделены на 3 группы:

- животные первой группы принимали перорально ресвератрол в дозе 20 мг/кг;
- животные второй группы принимали перорально АСК в дозе 20 мг/кг;
- животные третьей группы принимали ресвератрол и АСК одновременно в эквивалентной дозе.

В экспериментальные группы отбирали животных со средним уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью, которые преобладают в популяции и однотипно реагируют на действие различных факторов, в том числе электромагнитной природы. Отбор животных по уровню двигательной активности и эмоциональности осуществляли в тесте «открытого поля» с использованием малого экспериментального комплекса UC1403-IR4 (ООО «НПК Открытая Наука»). При проведении теста «открытое поле» животных однократно помещали в экспериментальную установку, представляющую собой круглую арену (97 x 42 см) белого цвета, разделённую на 25 сегментов, на пересечении которых проделаны специальные отверстия (имитация норок). Длительность пребывания животных в установке составляла 5 минут, в течение которых производилась регистрация горизонтальной двигательной активности (число пересеченных сегментов), вертикальной двигательной активности (число стоек), количество дефекаций и уриаций, а также количество и длительность замираний.

Для оценки уровня тревожности у животных проводили тестирование с использованием установки «крестообразный приподнятый лабиринт» (КПЛ).



Данный тест получил широкое применение и считается одной из наиболее адекватных, этологически «богатых» и чувствительных моделей тревожности [16].

Оценку уровня тревожности на установке у исследуемых групп животных в тесте «КПЛ» проводили дважды – до введения исследуемых веществ животным (фон), а также на пятые сутки исследования. 5-тидневный цикл прима исследуемых веществ был выбран в связи с тем, что при длительном приёме АСК возрастает риск возникновения её побочных эффектов, не связанных с проявлением психоэмоционального состояния, в частности, возрастанием вероятности развития геморрагического синдрома. Доза АСК 20 мг/кг находится в терапевтическом диапазоне.

В тесте "КПЛ" в каждой группе регистрировали:

– длительность пребывания животных в открытых рукавах ("открытые" выходы), с;

– длительность пребывания животных в закрытых рукавах ("закрытые" выходы) с.

Посоотношению времени и количества выходов в открытые и закрытые рукава можно судить о развитии тревожности у животных. Чем меньше у животного выражена реакция тревожности и фобический компонент эмоционального статуса, тем больший период времени наблюдения грызуны проводят в открытых рукавах и реже посещают закрытые.

Интегральным показателем явился индекс тревожности ИТ, который был рассчитан по формуле:

$$ИТ = \frac{(Т_{max} - Т_a)}{Т_m}, \quad (1)$$

где, Т<sub>max</sub> – общее время эксперимента (300 сек), Т<sub>a</sub> – время, проведённое животным в открытых рукавах.

Исследование было проведено в соответствии с ГОСТ Р-53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики» и правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей.

Обработка результатов проводилась с использованием непараметрического критерия Краскелла-Уоллиса (достоверность различия средних значений по сравнению с контролем при  $p < 0,05$ ) и непараметрического критерия Манна-Уитни (при  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ) в программе Statistica 6.0. Внутригрупповые различия оценивались по критерию Вилкоксона. Наглядные рисунки выполнялись в программе *Microsoft Excel*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные показатели измеряемых параметров указаны в таблице (табл. 1). Первоначальные значения, зарегистрированные в фоновом дне, согласуются со средними значениями для здоровых особей, у которых достаточно уравновешенное психоэмоциональное состояние [17].

При 5-тисуточном приеме АСК в дозе 20 мг/кг отмечается достоверное снижение времени нахождения животных в «открытых рукавах» лабиринта на 46,12 % ( $p < 0,01$ ), по сравнению с фоновыми значениями этого показателя, что свидетельствует о возрастании степени тревожности у животных.

В группе животных, принимавших ресвератрол, наблюдались аналогичные изменения – достоверное сокращение времени пребывания в «открытых рукавах» на 61,09 % ( $p < 0,01$ ), в сравнении с фоновыми значениями этого показателя, что также свидетельствует о возрастании уровня тревожности у крыс.

**Таблица 1**

**Изменение показателей, характеризующих уровень тревожности у животных, при изолированном и комбинированном приеме ацетилсалициловой кислоты (АСК) и ресвератрола в дозе 20 мг/кг**

Показатели	Группы			
	Фон (1)	АСК (5 сутки) n=12 (2)	Ресвератрол (5 сутки) n=12 (3)	АСК+ресвератрол (5 сутки) n=12 (4)
ОР, с	116,49±11,99	62,76±16,20 $p_{1,2} < 0,01$	45,32±9,35 $p_{1,3} < 0,01$	155,93±44,64 $p_{1,2,3,4} < 0,05$ $p_{2,4} < 0,01$ $p_{3,4} < 0,01$ $p_{1,4} < 0,01$
ЗР, с	212,27±16,39	276,11±16,09 $p_{1,2} < 0,01$	284,68±9,35 $p_{1,3} < 0,01$	180,40±46,09 $p_{1,2,3,4} < 0,05$ $p_{2,4} < 0,01$ $p_{3,4} < 0,01$ $p_{1,4} < 0,01$
ИТ	0,61±0,04	0,82±0,04 $p_{1,2} < 0,01$	0,87±0,03 $p_{1,3} < 0,01$	0,54±0,13 $p_{1,2,3,4} < 0,05$ $p_{2,4} < 0,01$ $p_{3,4} < 0,01$

*Примечание:*

ОР – время нахождения в открытых рукавах; ЗР – время нахождения в закрытых рукавах; ИТ – индекс тревожности.

$p_{1,2} < 0,01$ ,  $p_{1,3} < 0,01$ ,  $p_{1,4} < 0,01$  – достоверность внутригрупповых различий по критерию Вилкоксона;  $p_{1,2,3,4} < 0,05$  – достоверность межгрупповых различий по критерию Краскелла-Уоллиса,  $p_{2,4} < 0,01$ ,  $p_{3,4} < 0,01$  – достоверность межгрупповых различий по критерию Манна-Уитни при попарном сравнении.

Однако, совсем противоположный эффект наблюдается при комбинированном применении двух веществ. В этом случае происходит достоверное увеличение времени нахождения крыс в «открытых рукавах» на 33,86 % ( $p \leq 0,01$ ) в сравнении с

фоновыми значениями этого показателя. Возрастание времени пребывания в открытых рукавах свидетельствует о развитии противотревожного эффекта.

При регистрации фоновых значений времени пребывания животных в «закрытых рукавах» КПЛ, отмечались более высокие значения, в сравнении со значениями времени пребывания в «открытых рукавах». Так, до введения исследуемых препаратов время пребывания в «закрытых рукавах» составило  $212,27 \pm 16,39$  с.

5-тисуточный прием АСК привел к возрастанию этого показателя на 30,07 % ( $p < 0,01$ ) по сравнению с фоновыми данными.

В группе животных, принимавших ресвератрол в течение 5-ти дней, также наблюдается достоверное увеличение времени нахождения крыс в закрытых рукавах по сравнению с фоновыми показателями на 34,11 % ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, изолированный прием ацетилсалициловой кислоты, так и прием ресвератрола способствовал увеличению времени пребывания в «закрытых» рукавах по сравнению с фоновыми значениями этого показателя, что свидетельствует об индукции тревожности.

В группе, где животные принимали одновременно АСК и ресвератрол в течение пяти суток наблюдалось уменьшение времени пребывания животных в «закрытых рукавах» на 15,01 % ( $p < 0,01$ ) в сравнении с фоновыми значениями этого показателя. Как видно, эффект их совместного применения прямо противоположен эффектам при изолированном приеме (см. табл. 1), и свидетельствует о развитии анксиолитического эффекта.

Наблюдая за динамикой изменения индекса тревожности (ИТ) при изолированном и комбинированном приеме аспирина и ресвератрола, можно говорить об изменении данного показателя во всех трех экспериментальных группах по сравнению с фоновыми значениями показателей.

Так, изолированный прием АСК у животных на 34,42 % ( $p < 0,01$ ) повышает ИТ у крыс по сравнению с фоновыми значениями этого показателя.

При анализе изменения ИТ в группе животных, принимавших ресвератрол, наблюдается аналогичная ситуация с группой АСК. Полифенол способствовал достоверному увеличению ИТ на 42,62 % ( $p < 0,01$ ) в сравнении с фоновыми значениями этого показателя.

При 5-тидневном комбинированном приеме наблюдается, напротив, снижение ИТ у животных в тесте КПЛ на 11,47 % ( $p < 0,05$ ) в сравнении с фоновыми значениями этого показателя. Таким образом, умеренное снижение ИТ у животных при комбинированном приеме АСК и ресвератрола свидетельствует об умеренном развитии анксиолитического эффекта совместного приема исследуемых веществ.

Проведя анализ основных параметров, характеризующих уровень тревожности у крыс, можно говорить о том, что аспирин и ресвератрол способствуют возрастанию уровня тревожности при изолированном приеме. Однако, в совместном действии они проявляют противоположный эффект, который сводится к анксиолитическому влиянию.

Для того, чтобы мы могли выдвинуть предположение о механизмах влияния АСК и ресвератрола на показатели тревожности, следует остановиться на

механизмах, которые, как представляется, лежат в основе развития данного расстройства.

В настоящее время существует несколько взаимозависимых научных гипотез, обуславливающих нейрхимические предпосылки возникновения симптомов тревожности у человека. Одной из наиболее популярных теорий является серотонинергическая, базирующаяся на данных научных исследований о нарушениях функционирования серотониновой системы при различных проявлениях тревожных состояний. В работе Рогаева Е. И., Боринской С. А., посвященной анализу генетических особенностей поведения человека [18], установлено, что высокая тревожность положительно коррелирует с измененным состоянием гена, кодирующего белок-транспортёр серотонина, и со скоростью его синтеза. У лиц с высоким уровнем тревожности выявлено усиление выработки белка-транспортёра, в связи с чем, серотонин, как медиатор, поглощается нейроном, который его выбросил, и не успевает связаться с рецепторами следующего нейрона. В то же время другие исследователи утверждают, что активность серотониновых нейронов при симптомах тревожности может быть как сниженной, так и повышенной [19].

Существует катехоламинергическая гипотеза, согласно которой, первостепенную роль в возникновении тревожности играют колебания уровня гормонов, синтезируемых в мозговом слое надпочечников. Предполагается, что катехоламинергический компонент играет определяющую роль в тревожных расстройствах, связанных с хроническим эмоциональным стрессом, посттравматическими стрессовыми нарушениями и генерализованной тревожностью. Так в исследованиях было обнаружено, что люди с паническими и тревожными расстройствами имеют повышенные концентрации гормона норадреналина в плазме крови по сравнению с теми, кто не имел таковых нарушений [20]. Современные биохимические исследования у лиц опасных профессий также демонстрируют высокие показатели норадреналина в крови работников в условиях хронического психоэмоционального напряжения и ожидания сигнала тревожности.

Кроме того, проводились исследования, в ходе которых установили взаимосвязь тревожности с синтезом дофамина в лимбической части нервной системы [21]. Выделение дофамина в нейронах этой зоны мозга способствует улучшению самочувствия. Напротив, снижение синтеза нейромедиатора способно провоцировать тревожности. Имеются данные указывающие, что ингибирование пресинаптических  $D_2$  рецепторов в префронтальной коре, вызывающее повышение высвобождения дофамина, коррелирует с уровнем тревожности, приводя к снижению этого состояния [22].

Показано, что эндоканнабиноидная система играет важную роль в реакциях на стресс и тревожности у животных [23]. CB1 и CB2 рецепторы являются наиболее охарактеризованными каннабиноидными рецепторами. Оба являются рецепторами, связанными с *G*-белком (*GPCR*), которые в основном связываются с ингибирующими *G*-белками.

У взрослых нейронов ЦНС СВ1 наиболее распространен на определенных ГАМКергических интернейронах. Однако функциональный СВ1 обнаружен в широком спектре других нейронов, включая глутаматергические, холинергические, глицинергические, серотонинергические и т.д., по всему мозгу.

Рецепторы СВ2 в основном экспрессируются в клетках иммунного происхождения, хотя они также могут экспрессироваться в нейронах, особенно при патологических состояниях.

Имеются фармакологические исследования, изучающие эффекты каннабиноидных соединений после системного или внутримозгового введения у грызунов, предварительно подвергшихся воздействию нескольких моделей тревожности на животных. Активация СВ<sub>1r</sub> приводит к анксиолитическому эффекту и играет роль в регулировании / предотвращении страха и тревожности [24]. В исследованиях было открыто влияние СВ<sub>1r</sub> на действие анксиолитических препаратов [25]. Исследования продемонстрировали, что антагонисты СВ<sub>1r</sub>, полностью устраняют анксиолитические эффекты и значительно снижают амнестические и седативные эффекты, вызванные анксиолитикомалпразоломом. С другой стороны, действие агонистов на СВ<sub>1r</sub> увеличивает анксиолитическое действие диазепама. Усиление передачи сигналов эндогенных каннабиноидов (eCB) представляет собой новый подход к лечению аффективных расстройств.

Последнее время встречаются исследования, которые рассматривают участие ферментов циклооксигеназ (ЦОГ) в развитии депрессивных и тревожных состояний и влияние их на поведение [26].

Имеются результаты [27] о том, ЦОГ-2 конститутивно экспрессируется в головном мозге в постсинаптических дендритах и возбуждающих терминалях нейронов коры и спинного мозга. Нейрональный ЦОГ-2 активируется в ответ на синаптическое возбуждение с образованием PGE<sub>2</sub>, преобладающего метаболита ЦОГ-2 в головном мозге. PGE<sub>2</sub> в свою очередь, стимулирует высвобождение глутамата и ретроградное возбуждение нейронов. ЦОГ-2 также участвует в метаболизме новых эндоканнабиноидов из 2-арахидоноилглицерина для модуляции их действия на пресинаптических терминалях. В дополнение к этим взаимодействиям индукция нейронального ЦОГ-2 связана с некоторыми серотонинергическими рецепторами, что может способствовать изменению эмоционального фона и поведения [28].

Анализируя механизмы развития тревожности, можно предположить, что АСК, являясь блокатором ЦОГ-2, которая инактивирует эндоканнабиноидную систему *in vitro*, может способствовать изменению тревожного статуса. Также можно предположить, что за счёт образования нейронального PGE<sub>2</sub> изменяется психоэмоциональное состояние за счёт активации ГАМК.

В отношении ресвератрола, можно предположить, что его влияние на статус тревожности обусловлено способностью модулировать уровень адренокортикотропного гормона, что в свою очередь изменяет концентрацию катехоламинов в крови, а, следовательно, и вызывает модуляцию тревожности.

Особый интерес вызывает совместный прием АСК и ресвератрола в эквивалентных дозах, однако, для понимания механизма их совместного действия,

необходимы дальнейшие исследования, в том числе, с моделированием тревожности, применением блокаторов предполагаемых ее нейроактивных мишеней.

Однако, более точные физиологические механизмы, которые лежат в основе модуляции психоэмоционального состояния, в частности уровня тревожного поведения, требуют дальнейшего исследования.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ацетилсалициловая кислота в дозе 20 мг/кг при изолированном пероральном приеме в течение пяти дней вызывает увеличение тревожности у крыс о чем свидетельствует возрастание индекса тревожности на 34,42 % ( $p < 0,01$ ), снижение времени пребывания в «открытых рукавах» лабиринта на 46,12 % ( $p < 0,01$ ) и возрастание времени пребывания в «закрытых рукавах» крестообразного приподнятого лабиринта на 30,07 % ( $p < 0,01$ ) по сравнению с фоновыми значениями данного показателя
2. Пятидневный пероральный прием ресвератрола в дозе 20 мг/кг при изолированном применении в течение пяти дней вызывает возрастание тревожности у крыс, о чем свидетельствует возрастание индекса тревожности на 42,62 % ( $p < 0,01$ ), снижение времени пребывания в «открытых рукавах» лабиринта на 61,09 % ( $p < 0,01$ ), возрастание времени пребывания в «закрытых рукавах» крестообразного приподнятого лабиринта на 34,11 % ( $p < 0,01$ ) по сравнению с фоновыми значениями данного показателя.
3. Комбинированный пятидневный прием ацетилсалициловой кислоты и ресвератрола в дозах 20 мг/кг в течение пяти суток сопровождается анксиолитическим эффектом, о чем свидетельствует снижение индекса тревожности на 11,47 % ( $p < 0,05$ ), возрастание времени пребывания в «открытых рукавах» крестообразного приподнятого лабиринта на 33,86 % ( $p < 0,01$ ) и снижение времени пребывания в «закрытых рукавах» лабиринта на 15,01 % ( $p < 0,01$ ) относительно исходных значений этого показателя.

*Работа выполнена на оборудовании ЦКП ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика» в рамках темы № АААА-А21-121011990099-6.*

### Список литературы

1. Мисунов С. Н. Понятие тревожности / Мисунов С. Н. // Вестник науки – 2021. – №2 (35). – С. 35–36.
2. Холмогорова А. Б. Значение классификации психических расстройств для развития методов психотерапии (на примере тревожных расстройств) / Холмогорова А. Б. // Соц. и клиническая психиатрия. – 2014. – № 3. – С. 51–56.
3. Караваева Т. А. Принципы и алгоритмы психотерапии тревожных расстройств невротического уровня (тревожно-фобических, панического и генерализованного тревожного расстройств) / А. В. Васильева, С. В. Полторац // Обозрение психиатрии и медицинской психологии. – 2016. – № 4. – С. 42–52.

4. Stanley I. H. Anxiety sensitivity and suicidal thoughts / J. W. Boffa, Jr. Rogers // *J. Consult with a clinical psychologist*. – 2018. – № 86(11). – P. 946–960.
5. Шматова Ю. Е. Динамика статистических и социологических показателей состояния психического здоровья населения России / Шматова Ю. Е. // *Проблемы развития территории*. – 2019. – № 3(101). – С. 76–96.
6. Крылов Ю. Ф. Фармакология / Ю. Ф. Крылов, В. М. Бобырев – М., 1999. – 360 с.
7. Лоуренс Д. Р. Побочные эффекты лекарственных веществ / Д. Р. Лоуренс, П. Н. Бенитт. // *Клиническая фармакология*. – Т. 1: Пер с англ. М., Медицина. – 1991. – С. 265–305.
8. Яковчук Т. В. Влияние ацетилсалициловой кислоты, ацетилсалицилатов кобальта и цинка на поведение крыс / О. В. Катюшина, Д. Р. Хусаинов [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия»*. – 2010. – 23 (62), №2. – С. 200–208.
9. Коренюк И. И. Модификация психотропного действия аспирина при интоксикации организма крыс сульфатом ртути / Д. Р. Хусаинов, Т. В. Гамма [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия»* – 2012. – 25 (64), №1. – С. 114–117.
10. Дроздов В. Н. Эффективность и безопасность применения ацетилсалициловой кислоты / В. Н. Дроздов, В. А. Ким // *Актуальные вопросы химической фармакологии*. – 2010. – № 6(12). – С. 212–215.
11. Liu T. Resveratrol improves estrogen deficiency-induced depressive and anxious behavior and inflammation of the hippocampus in mice / Yi. Ma, R. Zhanget al. // *Psychopharmacology (Berl)*. – 2019. – 236 (4). – P. 1385–1399.
12. Кароматов И. Д. Биологически активное вещество растительного происхождения ресвератрол - лечебные свойства (обзор литературы) / И. Д. Кароматов, Р. Р. Баймурадов, М. С. Шодиева // *Биология и интегративная медицина*. – 2018. – № 3(20). – С. 178–198.
13. Pocernich C. V. Nutritional approaches to modulate oxidative stress in Alzheimer's disease / M. L. Lange, R. Sultana [et al.] // *Curr. Alzheimer Res.* – 2011. – Vol. 8, № 5. – P. 452–469.
14. Huber K. After the grape rush: sir-tuins as epigenetic drug targets in neurodegenerative disorders / K. Huber, G. Superti-Furga // *Bioorg. Med. Chem.* – 2011. – Vol. 19, № 12. – P. 3616–3624.
15. Mahady G. B. Resveratrol and red wine extracts inhibit the growth of CagA+ strains of *Helicobacter pylori* in vitro / G. B. Mahady, S. L. Pendland, L. R. Chadwick // *Am. J. Gastroenterol.* – 2003. – № 98. – P. 1440–1441.
16. Pellow S. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat / S. Pellow, P. Chopin, S. E. File [et al.] // *Journal of neuroscience methods*. – 1985. – № 3. – P. 149–167.
17. Быстрова М. Н. Исследование влияния различных лекарственных форм успокоительного сбора на поведение мышей в тесте «приподнятый крестообразный лабиринт» / Быстрова М. Н., Демидова М. А., Жолобов И. С. [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 2. – С. 352–360.
18. Рогаев Е. И. Гены и поведение / Е. И. Рогаев, С. А. Боринская // *Химия жизнь XXI век*. – 2000. – №. 3. – С. 20–25.
19. Нехорошкова А. Н. Нейробиологические предпосылки формирования тревожных состояний / А. Н. Нехорошкова, И. Л. Большевидцева. // *Вестник САФУ. Медико-биологическая наука*. – 2016. – № 3. – С. 24–36.
20. Грибанов А. В. Спонтанная и вызванная активность головного мозга при высоком уровне тревожности / А. В. Грибанов, И. С. Кожевникова, Ю. С. Джос [и др.] // *Экология человека*. – 2013. – № 1. – С. 39–47.
21. Прошин А. Т. Дофаминовые рецепторы D2 класса нейронов префронтальной коры и нейробиологические механизмы страха и тревоги / А. Т. Прошин, З. И. Сторожева, О. В. Болотина // *Современные проблемы науки и образования*. – 2018. – № 5. – С. 3–12.
22. Тараскина Е. Е. Нейротрансмиссия дофамина лимфоцитами периферической крови является потенциальным биомаркером психических и неврологических расстройств / Е. Е. Тараскина, Р. Ф. Насырова, А. М. Заботина [и др.] // *Неврологическая психиатрия*. – 2015. – № 115(9). – С. 65–69.

23. Ris I. Cannabis use and its connection with psychological disorders / I. Ris, K. Grez, K. Charipova. / *Psychopharmacology*. – 2020. – № 50 (2). – P. 56–67.
24. Chadwick V. L. Cannabinoids and the endocannabinoid system in anxiety, depression and impaired regulation of emotions in humans / V. L. Chadwick, S. Roleder, D. Kote [et al]. // *Considers Psychiatry*. – 2020. – № 33(1). – P. 20–42.
25. Lu H. C. Review of the endocannabinoid system / Lu H. C. // *Biological psychiatry and neuroimaging*. – 2021. – № 6(6). – P. 607–615.
26. Seal S. Cox-2 plays a vital role in disturbing anxiety behavior in the colchicine-induced rat model of Alzheimer's disease / S. Seal, T. Ghosh. // *Behavioral neurosis*. – 2016. – № 5. – P. 1–8.
27. Dargahi L. Cyclooxygenase (COX) -1 activity precedes COX-2 induction in  $\beta$ -induced neuroinflammation / L. Dargahi, S. Nasiraei-Moghadam, A. Abdi. // *Journal of Molecular Neurology*. – 2011. – № 45(1). – P. 10–21.
28. Halaris A. Recurrent depression resistant to treatment: a glimmer of hope / A. Halaris, E. Soul, E. A. Witham. // *J. Person Honey*. – 2021. – № 11(2). – P. 155–162.

## **THE EFFECT OF ISOLATED AND COMBINED TAKING OF ACETYSALICYLIC ACID AND RESVERATROL ON THE ANXIETY IN RATS**

*Semenchenko K. G., Tribirat N. S.*

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

In the article was shown the effects of isolated and combined oral taking of acetylsalicylic acid and resveratrol at a dose of 20 mg/kg on the anxiety effect.

The study was performed using a valid test to determine the level of anxiety – the test "cruciform elevated labyrinth". The level of anxiety was assessed before (background), as well as after a 5-day intake of the studied substances in their isolated and combined intake.

It was shown that acetylsalicylic acid at a dose of 20 mg / kg when taken alone for five days causes an increase in anxiety in rats, as evidenced by an increase in the anxiety index by 34,42 % ( $p < 0,01$ ), a decrease in the time spent in "open arms" of the labyrinth by 46,12 % ( $p < 0,01$ ) and an increase in the time, spent in the "closed arms" of the labyrinth by 30,07 % ( $p < 0,01$ ) compared with the background values of this indicator.

A 5-day oral intake of resveratrol at a dose of 20 mg/kg with isolated taking for five days causes an increase in anxiety in rats, as evidenced by an increase in the anxiety index by 42,62 % ( $p < 0,01$ ), a decrease in the time spent in "open arms" of the labyrinth by 61,09 % ( $p < 0,01$ ), an increase in the time spent in the "closed arms" of the labyrinth by 34,11 % ( $p < 0,01$ ) compared with the background values of this indicator.

A combined five-day intake of acetylsalicylic acid and resveratrol at doses of 20 mg/kg during five days is accompanied by an anxiolytic effect, as evidenced by a decrease in the anxiety index by 11,47 % ( $p < 0,05$ ), an increase in the time spent in the "open sleeves" of the cruciate elevated labyrinth by 33,86 % ( $p < 0,01$ ) and a decrease in the time spent in the "closed arms" of the labyrinth by 15,01 % ( $p < 0,01$ ) in comparison to the initial values of this indicator.



The article presents the mechanisms of anxiety and the proposed mechanisms of action of resveratrol and acetylsalicylic acid on the of anxiety.

**Keywords:** acetylsalicylic acid, resveratrol, anxiety.

### References

- Misunov S. N. Ponyatie trevozhnosti, **2(35)**, 35 (Vestniknauki 2021).
- Xolmogorova A. B. Znachenie klassifikacii psixicheskix rasstrojstv dlya razvitiya metodov psixoterapii (naprimer etrevozhny`x rasstrojstv), *Socz. I klinicheskaya psixiatriya*, **3**, 51 (2014).
- Karavaeva T. A. Principy` i algoritmy` psixoterapii trevozhny`x rasstrojstv nevroticheskogo urovnya (trevozhno-fobicheskix, panicheskogo i generalizovannogo trevozhnogo rasstrojstv), *Obozrenie psixiatrii i medicinskoj psixologii*, **4**, 42 (2016).
- Stanley I. H. Anxiety sensitivity and suicidal thoughts, *J. Consult with a clinical psychologist*, **86(11)**, 946 (2018).
- Shmatova Yu. E. Dinamika statisticheskix i sociologicheskix pokazatelej sostoyaniya psixicheskogo zdorov`ya naseleniya Rossii, *Problemy` razvitiyaterritorii*, **3(101)**, 76 (2019).
- Kry`lov Yu. F. *Farmakologiya*, 350 (1999).
- Lourens D. R. Pobochny`e e`ffekty` lekarstvenny`x veshhestv, *Klinicheskaya farmakologiya*, **1**, 265 (1991).
- Yakovchuk T. V. Vliyanie acetilsalicilovoj kisloty`, acetilsalicilatov kobal`ta i cinka na povedenie kry`s, *Ucheny`e zapiski Tavricheskogo nacional`nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo*, **23(62)**, 200 (2010).
- Korenyuk I. I. Modifikaciya psixotropnogo dejstviya aspirina pri intoksikacii organizma kry`s sul`fatom rtuti, *Ucheny`e zapiski Tavricheskogo nacional`nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo*, **25(64)**, 114 (212).
- Drozhdov V. N. E`ffektivnost` i bezopasnost` primeneniya acetilsalicilovoj kisloty`, *Aktual`ny`e voprosy` ximicheskoy favmakologii*, **6(12)**, 212 (2010).
- Liu T. Resveratrol improves estrogen deficiency-induced depressive and anxious behavior and inflammation of the hippocampus in mice, *Psychopharmacology (Berl)*, **236(4)**, 1385 (2019).
- Karomatov I. D. Biologicheski aktivnoe veshhestvo rastitel`nogo proisxozhdeniya resveratrol – lechebny`e svojstva (obzor literatury`), *Biologiya i integrativnaya medicina*, **3(20)**, 178 (2018).
- Pocernich C. B. Nutritional approaches to modulate oxidative stress in Alzheimer's disease, *Curr. Alzheimer Res*, **5**, 452 (2011).
- Huber K. After the grape rush: sir-tuins as epigenetic drug targets in neurode-generative disorders, *Bioorg. Med. Chem.*, **12**, 3616 (2011).
- Mahady G. B. Resveratrol and red wine extracts inhibit the growth of CagA+ strains of Helicobacter pylori in vitro, *Am. J. Gastroenterol.*, **98**, 1440 (2003).
- Pellow S. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat, *Journal of neuroscience methods*, **3**, 149 (1985).
- By`strova M. N. Issledovanie vliyaniya razlichny`x lekarstvenny`x form uspokoitel`nogo sbora na povedenie my`shej v teste «pripodnyaty`j krestooobrazny`j labirint», *Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya*, **2**, 352 (2012).
- Rogaev E. I. Geny` i povedenie, *Ximiyazhizn` XXI vek*, **3**, 20 (2000).
- Nexoroshkova A.N., Bol`shevidceva I.L. Nejrobiologicheskie predposy`lki formirovaniya trevozhny`x sostoyanij, *Vestnik SAFU. Mediko-biologicheskienauki*, **3**, 24 (2016).
- Gribanov A. V., Kozhevnikova I. S., Dzhos Yu. S. Spontannaya i vy`zvanaya aktivnost` golovnogo mozga pri vy`sokom urovne trevozhnosti, *E`kologiya cheloveka*, № **1**, 39 (2013).
- Proshin A. T., Storozheva Z. I., Bolotina O. V. Dofaminovy`e receptory` D2 klassa neyronov prefrontal`noj kory` i nejrobiologicheskie mexanizmy` straxa i trevogi, *Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya*, **5**, 3 (2018).
- Taraskina E. E., Nasy`rova R. F., Zabotina A. M. Nejrotransmissiya dofamina limfocitami perifericheskoy krovi yavlyaetsya potencial`ny`m biomarkerom psixicheskix I nevrologicheskix rasstrojstv, *Nevrologicheskaya psixiatriya*, **115(9)**, 65 (2015).

23. Ris I., Grez K., Charipova K., Cannabis use and its connection with psychological disorders, *Psychopharmacology*. **50(2)**, 56 (2020).
24. Chadwick V. L., Roleder S., Kote D. Cannabinoids and the endocannabinoid system in anxiety, depression and impaired regulation of emotions in humans, *Consider Psychiatry*. **33(1)**, 20 (2020).
25. Lu H. C. Review of the endocannabinoid system, *Biological psychiatry and neuroimaging*. **6(6)**, 607 (2021).
26. Seal S., Ghosh T. Cox-2 plays a vital role in disturbing anxiety behavior in the colchicine-induced rat model of Alzheimer's disease, *Behavioral neurosis*. **5**, 1 (2016).
27. Dargahi L., Nasiraei-Moghadam S., Abdi A. Cyclooxygenase (COX) -1 activity precedes COX-2 induction in  $\beta$ -induced neuroinflammation, *Journal of Molecular Neurology*. **45(1)**, 10 (2011).
28. Halaris A., Soul E., Witham E. A. Recurrent depression resistant to treatment: a glimmer of hope, *J. Person Honey*. **11(2)**, 155 (2021).

**УДК 612.017.2**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-227-234**

## **ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ У СТУДЕНТОВ В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ОБУЧЕНИЮ В УСЛОВИЯХ СПО**

*Симонова О. И.*

*ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», Горно-Алтайск, Россия  
E-mail: soi177@mail.ru*

В работе описаны результаты исследования адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы, вегетативного тонуса и морфофункциональных индексов юношей и девушек, обучающихся в Горно-Алтайском аграрном колледже. Оценка функциональных и морфологических индексов, интегрально отражающих состояние организма студентов в период адаптации, выявила, что у юношей по сравнению с девушками было отмечено снижение индекса Робинсона, данный индекс характеризует систолическую работу сердца, а также жизненного, и силового индекса. Среди обследованных выявлен наибольший процент лиц с преобладанием симпатической регуляции – симпатикотоников, преимущество симпатической регуляции в том, что она позволяет мобилизовать ресурсы и успешно адаптироваться в период обучения. По результатам проведенного анализа адаптационного потенциала определили, что как девушки, так и юноши симпатикотоники на первом году обучения лучше адаптируются в условиях СПО. Среди ваготоников и эйтоников встречаются лица с напряжением механизмов адаптации.

В Горно-Алтайском аграрном колледже создается благоприятная среда для обучения студентов, проводится оптимизация учебного процесса с включением здоровьесберегающих программ и здоровьесберегающих форм учебной деятельности.

**Ключевые слова:** адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы, студенты, среднее профессиональное образование, вегетативный индекс, функциональные показатели, уровень здоровья.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день в число приоритетных направлений в образовании входит сохранение здоровья и успешная адаптация студентов к учебному процессу, наиболее интенсивно протекающая у первокурсников. Первый год обучения для юношей и девушек, обучающихся в СПО является критическим периодом и, как следствие, сказывается на состоянии организма и деятельности его систем, в частности сердечно-сосудистой системы, становясь причиной напряжения функциональных механизмов [1]. В этот период оптимальная психофизиологическая адаптация определяет успешность обучения студентов [2].

На начальных этапах обучения определение адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы и оценка интегративных морфофункциональных индексов является наиболее показательными, так как они отражают способность организма к адаптации.

Известно, что напряжение механизмов адаптации приводит к снижению резервных функций органов и систем, являющихся одним из базовых свойств

организма человека для приспособления к изменениям окружающей среды. Прежде всего, можно отметить, что адаптационные возможности являются запасом резервных функций для поддержания постоянства в органах и системах органов благодаря уравниванию их взаимодействия со средой. На все изменения, происходящие в организме, в первую очередь реагирует кровеносная система. Кровеносная система, по мнению Р. М. Баевского и ряда других авторов, занимает ведущее место в обеспечении процессов адаптации, представляет собой систему, отражающую функциональное состояние целого организма [3].

Научные исследования по проблеме адаптации к образовательной среде проводились такими учёными, как: Р. Р. Хусаиновой, Г. В. Ахмеджановой, В. Н. Соловьевым, А. В. Шахановым и др. [4, 5].

Под адаптацией понимается совокупность физиологических реакций, обеспечивающих приспособление организма к изменениям окружающей среды [3, 5].

В адаптационный период обучения и последующее время для практического решения проблем, связанных с сохранением и укреплением здоровья и успешной адаптацией студентов, необходимо рационально организовать педагогический процесс. Здоровьеориентированное обучение предполагает выбор неинвазивных методов диагностики адаптационных возможностей организма студентов, их уровня адаптированности, что позволит определить направления оптимизации учебного процесса для успешной адаптации студентов СПО к образовательной деятельности [2]. Поэтому исследование морфофункциональных индексов и адаптационного потенциала студентов в период обучения является актуальным.

*Целью* нашего исследования являлась оценка некоторых морфофункциональных показателей и адаптационного потенциала с учётом вегетативного статуса у студентов в период адаптации к условиям СПО.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие студенты первого курса Аграрного колледжа Горно-Алтайского государственного университета в количестве 65 человек (35 юношей и 30 девушек), возраст обследованных составил 16–17 лет. Обследование проходило в 2021–2022 гг в начале первого семестра, в первой половине дня.

Антропометрические измерения проводились по методике Бунака В. В., 1965 [6], определяли длину тела, массу тела, силу кисти.

Для оценки адаптационного потенциала и морфофункциональных индексов у студентов измерялись следующие показатели: число сердечных сокращений, артериальное давление систолическое и диастолическое, жизненная ёмкость лёгких, время восстановления частоты сердечных сокращений после 20 приседаний. Определялись функциональные индексы (индекс Робинсона, силовой индекс, жизненный индекс, проба Мартинэ) и морфологические индексы (весоростовой индекс) [4], вычислялся адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы по Р. М. Баевскому [1], его оценка проводилась по балльной шкале, созданной в НИИ гигиены охраны здоровья детей и подростков ГУНЦЗД РАМН [1, 8]: удовлетворительная адаптация не более 2,1; напряжение механизмов адаптации от 2,11 до 3,2; неудовлетворительная адаптация от 3,21 до 4,3; срыв адаптации от 4,31

и более баллов, определялся вегетативный индекс Кердо, который оценивался, при значениях близких к нулю (от -10 до +10 %), как вегетативное равновесие (эйтония), положительные значения индекса означают сдвиг вегетативного тонуса в сторону симпатического преобладания – симпатикотония, отрицательные значения ниже индекса вегетативного равновесия – ваготония, означают сдвиг вегетативного тонуса в сторону парасимпатического преобладания [7]. Применяемые методы позволили получить индивидуальные показатели сердечно-сосудистой системы, определить вегетативный статус, провести оценку морфофункциональных показателей и охарактеризовать особенности адаптации студентов.

Статистический анализ экспериментальных данных обрабатывался при помощи пакета статистических программ Microsoft Excel. В таблицах представлены результаты среднего значения и стандартной ошибки, сравнение степени достоверности данных проводили по критерию Стьюдента. Статистически значимый уровень различий принимался при  $P \leq 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения, происходящие в организме в период адаптации, в большинстве случаев можно определить при анализе параметров системы кровообращения, поскольку она является тонким индикатором, реагирующим на меняющиеся условия среды. Охарактеризовать период адаптации можно оценивая функциональное состояние и резервные возможности кардиореспираторной системы, а также изучая напряжение управленческих механизмов, в частности степень активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [10].

Анализ значений морфофункциональных индексов в период адаптации студентов необходим для оценки общего состояния организма. Ряд авторов, изучающих адаптацию студентов к условиям образования, отмечают, что среди обучающихся в вузах и сузах ежегодно растет количество индивидов с резко отличающимися от нормальных морфологическими параметрами и функциональными показателями, это свидетельствует о тенденции общего ухудшения состояния здоровья молодежи.

Средние значения и стандартные отклонения средних значений морфофункциональных индексов первокурсников представлены в таблице 1.

Масса тела и рост являются одними из важных параметров физического развития. В обследованных группах юношей отмечались высокие значения весоростового индекса, тогда как у девушек они варьировали от средних, до выше среднего.

Жизненный индекс, наряду с жизненной ёмкостью лёгких, является одним из основных параметров для оценки функций дыхательной системы. На момент обследования у девушек выявлены средние значения жизненного индекса, что свидетельствует о нормальных вентиляционных возможностях лёгких, тогда как у юношей индекс ниже среднего, что указывает на сниженный легочной объём, при котором лёгкие слабо вентилируются.

Аналогичная тенденция была характерна и для индекса Робинсона, характеризующего регуляцию деятельности сердца и сосудов и уровень обменно-

энергетических процессов, проведённый анализ полученных значений данного индекса у юношей выявил недостаточные функциональные возможности сердечно-сосудистой системы, по сравнению с девушками, кроме того, у большинства студентов после нагрузки по времени восстановления ЧСС (проба Мартинэ) были определены средние значения адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы. Наряду с этим, проводя оценку силовому индексу, определили, что у девушек он выше, по сравнению с юношами.

**Таблица 1**  
**Значения морфофункциональных индексов у студентов первого курса в период адаптации к обучению в СПО, (M±m)**

Контингент	Год	Весоростовой индекс	Жизненный индекс	Индекс Робинсона	Проба Мартинэ (сек)	Силовой индекс (%)
Девушки	2021	350,95±12,6	46,63±2,4	90,72±5,4	68,17±6,6	52,01±2,5
	2022	359,2±14,6	45,96±4,4	94,4±3,6	70,37±8,1	50,85±2,6
Юноши	2021	362,76±7,3	52,65±1,6	95,42±3,8	74,85±4,9	52,17±6,6
	2022	357,74±9,4	51,62±2,9	95,95±5,1	72,41±3,4	61,28±1,8

При характеристике адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы, учитывался индекс Кердо или вегетативный индекс, отражающий особенности симпатической и парасимпатической регуляции, так как одной из важнейших функций вегетативной нервной системы является регуляция деятельности сердца и сосудистого тонуса.

От состояния тонуса вегетативной нервной системы зависит функционирование внутренних органов, так как, в основе регуляции целого организма лежит работа симпатического и парасимпатического отделов или преобладание влияния одного из этих отделов. Влияние симпатической и парасимпатической системы на организм сбалансированно и обеспечивает адаптацию организма при изменяющихся условиях среды. Отклонение от состояния равновесия в сторону преобладания тонуса симпатической нервной системы – будет определять симпатикотонический вегетативный статус, а при преобладании тонуса парасимпатической системы – ваготонический, вегетативное равновесие определяется как эйтония [10].

Существенную роль в оценке адаптации сердечно-сосудистой системы к изменениям среды играет деятельность вегетативной нервной системы [9]. У большинства студентов отмечалась повышенная активность симпатической регуляции функциональных процессов (53–64,7 %). Равновесие влияний симпатической и парасимпатической систем – эйтония наблюдалась у 17,6–30 % студентов, преобладание парасимпатической регуляции – ваготония была у 16,6–20,6 % студентов.

Результаты исследования адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у юношей и девушек с учётом вегетативного индекса представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы у студентов с различиями в вегетативном статусе

Пол	Год поступления	Вегетативный статус		Адаптационный потенциал (баллы) $M_{cp} \pm m$
		Группы	%	
Юноши	2021	Симпатикотоники	64,7	1,99±0,07*
		Ваготоники	17,6	2,23±0,08
		Эйтоники	17,6	2,18±0,01
	2022	Симпатикотоники	44,8	2,09±0,03*
		Ваготоники	20,6	2,04±0,01**
		Эйтоники	34,5	2,16±0,01
Девушки	2021	Симпатикотоники	61,1	2,10±0,09*
		Ваготоники	11,0	2,28±0,05
		Эйтоники	27,8	2,28±0,09
	2022	Симпатикотоники	53,0	1,9±0,09*
		Ваготоники	16,6	2,25±0,08
		Эйтоники	30,0	2,19±0,01

*Примечание:* М – средняя арифметическая, m – ошибка средней арифметической; Установлена статистическая значимость отличий ( $P \leq 0,05$ ) \* – между девушками и юношами эйтониками и симпатикотониками; \*\* – юношами эйтониками и ваготониками

По результатам проведённого анализа адаптационного потенциала (табл. 2) определили, что как девушки, так и юноши симпатикотоники по сравнению с эйтониками на первом году обучения лучше адаптируются в условиях СПО. Это обуславливается тем, что преобладание симпатической регуляции способствует усилению кровоснабжения сердца, увеличению поступления питательных веществ и усилению работы сердца. Ваготоники и эйтоники хуже справляются с учебными нагрузками, среди них чаще встречаются лица с напряжением механизмов адаптации.

Отличительными особенностями симпатикотоников юношей и девушек как 2021, так и 2022 годов поступления, являлось удовлетворительное значение адаптационного потенциала (1,9–2,1;  $P \leq 0,05$ ). Напряжение адаптационного потенциала (2,16–2,28) отмечалась у ваготоников и эйтоников, как юношей, так и девушек, что связано с особенностями механизма приспособительных реакций у лиц с преобладанием парасимпатической регуляции и лиц с вегетативным равновесием.

С учётом полученных результатов необходимо оптимизировать учебный процесс внедрением здоровьесберегающих технологий, т. к. одной из приоритетных задач образования является сохранение и укрепление здоровья студентов и их полноценная адаптация к образовательному процессу [2], это связано с тем, что у студентов возникают трудности при адаптации к условиям обучения, особенно это актуально для первокурсников, а в педагогической практике многих преподавателей отсутствуют систематические мероприятия направленные на оптимизацию

адаптационного процесса обучающихся [9]. В колледже студенты подготавливаются и к следующей ступени обучения – высшему образованию [11]. В основу проектирования индивидуальной образовательной траектории необходимо включить персонализированный путь, зависящий от способа учебной работы [11], поэтому необходимо найти индивидуальный подход к обучающимся для их успешной адаптации в СПО.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди обследуемых студентов выявлен значительный процент симпатикотоников, что свидетельствует о преобладании симпатической регуляции, которая позволяет мобилизовать ресурсы и успешно адаптироваться на первом году обучения. Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы у лиц с преобладанием симпатической регуляции был удовлетворительный, напряжение механизмов адаптации отмечалось у ваготоников и эйтоников.

Оценка морфофункциональных индексов в период адаптации студентов выявила лиц с показателями, отличающимися от нормальных, так у юношей по сравнению с девушками было отмечено снижение индексов Робинсона, жизненного, и силового индекса. Снижение показателей жизненного индекса и индекса Робинсона у юношей, по сравнению с девушками, у которых эти показатели варьировали в пределах средних значений, показало, что у юношей имеются нарушения функциональных возможностей дыхательной и сердечно-сосудистой систем, юношам сложнее адаптироваться к условиям обучения. Учёт времени восстановления в пробе Мартинэ, с дозированной нагрузкой, в течение которого показатели гемодинамики возвращаются к исходному уровню показал хорошую способность сердечно-сосудистой системы испытуемых обеспечивать нормальную работу организма при физической нагрузке. В обследованных группах юношей отмечались высокие значения весоростового индекса, тогда как у девушек они варьировали от средних, до выше среднего. Исследования выявили лиц с нарушениями адаптационных возможностей организма, напряжение адаптационного потенциала (2,16–2,28) отмечалась у ваготоников и эйтоников, как юношей, так и девушек, что указывает на необходимость оптимизировать учебный процесс, включать в него здоровьесформирующие и здоровьесберегающие технологии, оказывающие положительный эффект на организм студентов, в частности развивающих систему дыхания, аэробную производительность и силовые способности. Проведённые исследования позволили актуализировать и внедрить в учебный процесс колледжа «Программу сохранения здоровья в период адаптации студентов первого курса Аграрного колледжа Горно-Алтайского государственного университета».

### Список литературы

1. Баевский Р. М. Оценка эффективности профилактических мероприятий на основе измерения адаптационного потенциала системы кровообращения / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, В. К. Вакулин // Здравоохранение Российской Федерации. – 1987. – № 8. – С. 6–10.



2. Симонова О. И. Оценка функциональных индексов и уровня здоровья студентов в период адаптации к обучению в колледже / О. И. Симонова, О. В. Сметанникова, Е. В. Попова, Н. А. Ермаков // Сибирский педагогический журнал. – 2018. – № 5. – С. 154–160. DOI:10.15293/1813-4718.1805.15
3. Симонова О. И. Адаптация студенток первого курса к условиям вуза / О. И. Симонова, Е. В. Попова, А. В. Махалин // Сибирский педагогический журнал. – 2018. – №1. – С. 65–69.
4. Ефремова Т. Г. Оценка состояния здоровья по Г. Л. Апанасенко как метод экспресс-диагностики в процессе физического воспитания [Электронный ресурс] / Ефремова Т. Г., Волкова Е. А. // Воспитание и обучение: теория, методика и практика: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – С. 326–328. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23667034>
5. Соловьев В. Н. Физическое здоровье как интегральный показатель уровня адаптации организма студентов к учебному процессу / В. Н. Соловьев // Современные проблемы науки и образования. – 2005. – № 2. – С. 38. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=9926893>
6. Бунак В. В. Изучение популяции в антропологии / В. В. Бунак // Вопросы антропологии. – 1965. – № 21. – С. 5–17.
7. Kerdo I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage / I. Kerdo // Acta neurovegetativa – 1966. – Vol. 29, No. 2. – P. 250–268.
8. Воронков Е. Г. Способ определения минутного объема кровотока сердечного и вегетативного индексов: методические рекомендации / Е. Г. Воронков, Е. Г. Воронкова, М. М. Налимов. – РИО ГАГУ, Горно-Алтайск. – 2005. – 34 с.
9. Hering D. Sympathetic nervous system and arterial hypertension: new perspectives, new data. / Hering D. // Kardiologia Polska. – 2013. – 71 (5). – P. 441–446.
10. Рослякова Е. М. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов в условиях адаптации к обучению в вузе в зависимости от вегетативного статуса / Е. М. Росляков, А. С. Алипбекова, А. С. Игибаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 5. – С. 252–256. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11582>
11. Севрюкова Г. А. Неспецифическая резистентность организма иностранных студентов при адаптации к новым климатическим условиям Волгоградского региона / Г. А. Севрюкова, Е. В. Тюменцева, П. Л. Севрюкова, Л. А. Товмасын // Учён. зап. Крымск. фед. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология. Химия». – 2019. – Т.5, №3. – С. 85–94.

**ASSESSMENT OF FUNCTIONAL INDICES IN STUDENTS DURING  
ADAPTATION TO LEARNING UNDER SECONDARY VOCATIONAL  
EDUCATION CONDITIONS**

*Simonova O. I.*

*Gorno-Altai state University, Gorno-Altai, Russian Federation  
E-mail: soi1777@mail.ru*

The paper describes the results of a study of the adaptive potential of the cardiovascular system, vegetative tone and morphofunctional indices of boys and girls studying at the Gorno-Altai Agricultural College. Evaluation of functional and morphological indices integrally reflecting the state of the students' organism during the adaptation period revealed that a decrease in the Robinson index was noted in boys compared to girls, this index characterizes the systolic work of the heart, as well as the vital and strength index. Among the surveyed, the largest percentage of persons with a predominance of sympathetic regulation - sympathicotronics, the advantage of sympathetic

regulation is that it allows you to mobilize resources and successfully adapt during the training period. According to the results of the analysis of the adaptive potential, it was determined that both girls and boys with a predominance of sympathetic regulation in the first year of study adapt better in the conditions of SPO. Among persons with a predominance of parasympathetic regulation and vegetative equilibrium, there are persons with tension of adaptation mechanisms.

The Gorno-Altai Agrarian College creates a favorable environment for students' education, optimizes the educational process with the inclusion of programs that orient students to preserve health and the forms of educational activities are selected taking into account the preservation and strengthening of students' health.

**Keywords:** adaptive potential of the cardiovascular system, students, secondary vocational education, vegetative index, functional indicators, health level.

### References

1. Baevskii R. M., Berseneva A. P., Vakulin V. K. Evaluation of the effectiveness of preventive measures based on the measurement of the adaptation potential of the circulatory system, *Health Of The Russian Federation*, **8**, 6 (1987)
2. Simonova O. I., Smetannikova O. V., Popova E. V., Ermakov N. A. Evaluation of Functional Indices and Level of Health of Students in the Period of their Adaptation for Studies in a College, *Siberian Pedagogical Journal*, **5**, 154 (2018)
3. Simonova O. I., Popova E. V., Makhalin A. V. Adaptation for conditions of studies in a university in female students of the first year, *Siberian Pedagogical Journal*, **1**, 65 (2018)
4. Efremova T. G., Volkova E. A. Health status assessment according to G. L. Apanasenko, as a method of rapid diagnosis in the process of physical education. Education and training: theory, methods and practice: materials of the III International Scientific and Practical Conference. *Cheboksary: «Interactive Plus»*, 326 (2015) Available at: URL: <http://interactive-plus.ru/e-articles/132/Action132-8577.pdf>
5. Soloviev V. N. Physical health as an integral indicator of the level of adaptation of organism of students for the educational process, *Modern problems of science and education*, **2**, 38 (2005) Available at: URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=1506>
6. Bunak V. V. The study of population in anthropology, *Anthropology questions*. **21**, 5 (1965)
7. Kerdo I. Index calculated from data from the blood circulation for the assessment of the vegetative Tonus, *Acta neurovegetativa*, **2**, 250 (1966)
8. Voronkov E. G., Voronkova E. G., Nalimov M. M. The method of determining the minute volume of blood flow of the cardiac and vegetative indices. Guidelines, 34 p., (Gorno-Altai: EPD GAGU, 2005).
9. Hering D. Sympathetic nervous system and arterial hypertension: new perspectives, new data, *Kardiologia Polska*, **71**, 5 (2013).
10. Rosliakova E. M., Alipbkova A. S., Igibaeva A. S. Indicators of the functional state of the cardiovascular system of students in terms of adaptation to study at a university, depending on the vegetative status, *International Journal of Applied and Basic Research*, **5**, 252 (2017) Available at: URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11582>
11. Sevriukova G. A., Tiumentseva E. V., Sevriukova P. L., Tovmasian L. A. Nonspecific resistance of the organism of foreign students under adaptation to new climatic conditions of the Volgograd region, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Ser. «Biology. Chemistry»*, **5(3)**, 85 (2019).

**УДК 577.112.385: 591.473.3: 615.357: 577.175.53: 612.532**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-235-248**

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ АРГИНИНА, УМЕРЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ИХ КОМБИНАЦИИ В КОМПЕНСАЦИИ НАРУШЕНИЙ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ, ВЫЗВАННЫХ ВВЕДЕНИЕМ ДЕКСАМЕТАЗОНА**

*Труш В. В.<sup>1</sup>, Соболев В. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный университет», Донецк, ДНР, Россия*

<sup>2</sup>*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Ялта, Республика Крым, Россия  
E-mail: ver.trush@yandex.ru*

В экспериментах на крысах установлено, что применение в комплексе с дексаметазоном (ДМ, 0,25 мг/кг/2-е суток, на протяжении 10, 30 и 60 дней) аргинина (АРГ, 100 мг/кг/сутки) или умеренной физической нагрузки (ФН) динамического характера или их комбинации определенным образом модулировало эффекты ДМ на состоянии синаптической передачи. Все эти факторы предотвратили развитие исходной заблокированности синапсов, типичное для мышцы животных 30ДМ- и 60ДМ- групп. ФН и ее комбинация с аргинином существенно снизили частоту случаев сниженной надежности синаптической передачи, в сравнении с ДМ-группами (до 10 % в 10ДМ+АРГ+ПЛАВ-группе и полного их отсутствия в ДМ+ПЛАВ-группах), тогда как аргинин уменьшил (до 10–40 %) частоту этих случаев, но, в отличие от ФН, не предотвратил полностью их появление. Умеренная ФН эффективно предотвратила развитие постсинаптических нарушений, вызванных ДМ, тогда как аргинин несколько уменьшил частоту возникновения признаков постсинаптических нарушений (до 10–20 %) только при длительном применении с ДМ (на протяжении 30–60 дней).

**Ключевые слова:** скелетная мышца, дексаметазон, стероидная миопатия, аргинин, физическая нагрузка, крысы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на относительно хорошую изученность клиники стероидной миопатии, многие вопросы ее патогенеза, а тем более способы коррекции остаются до конца не ясными. В качестве рабочей гипотезы в настоящей работе было высказано предположение относительно возможной эффективности аргинина и умеренной физической нагрузки (ФН), применяемых по отдельности и в комплексе, в компенсации синаптических нарушений в нервно-мышечном аппарате (НМА), вызванных фармакологическими дозами глюкокортикоидов (ГК).

Выбор именно этих факторов для компенсации негативных эффектов ГК на НМА был обусловлен следующими обстоятельствами.

Выявлены позитивные эффекты системы «аргинин – оксид азота» на НМА: стабилизирующее влияние L-аргинина на мембраны лизосом мышечных волокон

(МВ) [1], предотвращение повышенной экспрессии в них убиквитинлигаз (атрогина-1 и MuRF-1) в условиях эксцентрической нагрузки [2], способность NO повышать доступность кислорода и субстратов окисления для МВ [3], стимулировать синтез цитоскелетных и сократительных белков в них [4]. Все эти эффекты аргинина и его метаболитов могут оказаться весьма полезным при ГК-терапии, поскольку известно, что одним из механизмов индукции дистрофических изменений скелетных мышц (СМ) под действием фармакологических доз ГК является усиление экспрессии атрогина-1 и MuRF-1, усиливающих распад цитоскелетных белков в МВ [5, 6].

В предыдущих наших исследованиях установлена эффективность аргинина в компенсации некоторых функциональных нарушений в СМ смешанного типа с преимущественным преобладанием гликолитических МВ, вызванных длительным (на протяжении 30 дней) введением дексаметазона (ДМ) [7], а также эффективность умеренной ФН и ее комбинации с аргинином в предотвращении нарушения параметров М-ответа *m. tibialis anterior* при гиперкортицизме [8].

В некоторой степени полезными в ослаблении негативных эффектов фармакологических доз ГК на организм могут оказаться и умеренные ФН, особенно аэробного характера, стимулирующие накопление в СМ  $\alpha$ -кетоглутарата, ослабляющего атрофию МВ любого генеза [9]. Между тем, некоторыми специалистами [10] показано, что ФН высокой интенсивности через 5 недель после инъекции триамцинолона вызвали атрофию как быстрых, так и медленных СМ и еще более отягощали течение стероидной миопатии, в сравнении с изолированным применением триамцинолона. В то же время в литературе существует мнение относительно способности аргинина и его активных метаболитов улучшать переносимость организмом ФН [11, 12].

Учитывая имеющиеся в литературе данные относительно способности аргинина и умеренных ФН ослаблять выраженность мышечных дистрофий различного генеза, представляло интерес выяснить, насколько эти два фактора по отдельности и в комплексе окажутся эффективными в компенсации не только дистрофических, но и функциональных, в частности, синаптических нарушений в СМ при длительном введении ГК.

В связи с этим *целью данной работы* явилось изучение эффективности фармакологических доз аргинина (100 мг/кг/сутки), умеренной динамической ФН и их комбинации в компенсации электрофизиологических проявлений стероидной миопатии в динамике ее развития.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты были выполнены на 130 половозрелых молодых крысах-самках 4–5-месячного возраста с исходной массой тела 195–205 г. Животные были первоначально случайным образом разделены на 5 групп: контрольную (интактная, не подвергались никаким воздействиям,  $n=10$ , К-группа), I опытную ( $n=30$ , получали дексаметазон, ДМ-группа), II опытную ( $n=30$ , получали дексаметазон и подвергались ежедневному плаванию, ДМ+ПЛАВ-группа), III опытную ( $n=30$ , получали дексаметазон в комплексе с аргинином, ДМ+АРГ-группа) и IV опытную

(n=30, получали дексаметазон в комплексе с аргинином и подвергались плаванию, ДМ+АРГ+ПЛАВ-группа). В последующем каждая опытная группа была разделена на 3 группы (n=10 в каждой) в зависимости от продолжительности экспериментальных воздействий (10, 30 и 60 дней). Такой подход позволил нам проследить динамику изменений в НМА в процессе насыщения организма синтетическим ГК дексаметазоном, применяемым в комплексе с введением аргинина или действием ФН или комбинацией «аргинин + ФН».

Дексаметазон (производство фирмы KRKA, Словения) вводили в виде водного раствора дексаметазона натрия фосфата в дозе 0,25 мг/кг, 1 раз в 2-е суток, внутривентриально, аргинин (торговая марка «Кардиоаргинин», «Здоровье», Украина) – в виде водного раствора, ежесуточно, подкожно, в дозе 100 мг/кг. Физической нагрузке животных ДМ+ПЛАВ- и ДМ+АРГ+ПЛАВ-групп начинали подвергать с 1-го дня введения препаратов, ежедневно до окончания периодов их введения.

ФН моделировали путем плавания в цилиндрической емкости с гладкой поверхностью (диаметр емкости 100 см, глубина 150 см) при температуре воды  $38 \pm 1$  °С без дополнительного отягощения. Плавание начинали с 5 минут в день. Первые 5 дней крысы плавали в мелкой воде (емкости диаметром 50 см и глубиной 50 см), после чего их переводили в более глубокую емкость (диаметр 100 см, глубина 150 см), в которой они плавали вплоть до окончания периода эксперимента. Ежедневно продолжительность плавания увеличивали на 5 минут, таким образом, что на 6-й день эксперимента животные плавали уже 30 минут, на 10-й – 50 минут, а на 12-й – 1 час. После достижения 1-часового периода плавания (т.е. спустя 12 дней эксперимента) его уже не удлиняли, соответственно в оставшиеся дни плавания (до окончания 2-месячного периода) животные плавали ежедневно на протяжении 60 минут в день.

По окончании сроков экспериментальных воздействий на наркотизированных животных (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутривентриально) проводили острый опыт, в котором с помощью методов стимуляционной электромиографии оценивали электрофизиологические параметры передней большеберцовой мышцы.

При этом в области бедра препаровали малоберцовый нерв и на расстоянии 1 см проксимальнее коленного сустава подводили под него раздражающие электроды. Затем в среднюю часть передней большеберцовой мышцы (*m. tibialis anterior*) вводили отводящие биполярные игольчатые стальные электроды с межэлектродным расстоянием 1 мм.

Для регистрации исследуемых показателей мышечного сокращения использовалась экспериментальная установка, состоящая из двух каналов: *канала электростимулятора и электромиографического*.

*Канал электростимулятора* представлен собственно электростимулятором, построенным на основе функционального генератора ICL8038CCDP, оптронной гальванической развязкой и биполярными игольчатыми стальными электродами с межэлектродным расстоянием 1 мм, которые подводились в области бедра под малоберцовый нерв. Данный канал служил для нанесения на нерв электрических раздражений определенной силы, частоты и длительности.

*Электромиографический канал* представлен отводящими биполярными игольчатыми стальными электродами с межэлектродным расстоянием 1 мм и электромиографическим биоусилителем, построенным на основе измерительного усилителя INA118. Этот канал предназначался для регистрации вызванных электрических ответов мышцы при раздражении электрическими стимулами малоберцового нерва – М-ответов. Предусматривалась соответствующая калибровка ЭМГ-канала, что позволило амплитуду ЭМГ-ответа выразить в абсолютных величинах (мВ).

Оба канала были связаны с регистрирующими устройствами – запоминающими цифровыми осциллографами Siglent (SDS1062CM) и Tektronix (TDS2004C). Записи электромиограмм были представлены как в TIFF-BMP-JPEG-форматах, так и в виде CSV-файлов с последующим анализом средствами пакета Excel-2010.

*Ход опыта был следующим.* Вначале регистрировали одиночный М-ответ мышцы, индуцированный путем раздражения малоберцового нерва одиночными сверхпороговыми электрическими импульсами длительностью 150 мкс каждый с частотой 0,2 имп/с и силой тока 500 мкА. На основании записей одиночных М-ответов мышцы определяли их латентный период (мс), амплитуду волн (мВ) и их длительность (мс), а также оценивали форму М-ответов.

Затем путем постепенного увеличения напряжения импульсов тока от 0,01 до 2 В с частотой 10 имп/с в течение 4 секунд записывали серию М-ответов мышцы возрастающей амплитуды. Для нанесения раздражения на малоберцовый нерв стимулами нарастающей интенсивности использовали специальную установку, включающую 6 блоков: блок управления запуском, блок генерации одиночного линейно-нарастающего импульса заданной длительности, блок генерации импульсов стимулятора с заранее установленной частотой, блок смесителя сигналов, буферный усилитель тока и цифровой запоминающий осциллограф.

На основании процентного изменения амплитуды максимального М-ответа относительно амплитуды минимального определяли приблизительное количество активируемых ДЕ мышцы (методика Galea V. [13]).

После этого, раздражая малоберцовый нерв с частотой 4 имп/с сверхпороговыми электрическими импульсами длительностью 150 мкс каждый и силой тока 500 мкА, регистрировали в течение 5 с серию М-ответов мышцы. На основании полученных записей определяли декремент амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го, принятого за 100 %, по которому судили о надежности синаптической передачи [14].

Затем в течение 5 с регистрировали серию М-ответов мышцы при оптимальной частоте раздражения малоберцового нерва – 30 имп/с. При этом длительность и сила электрических импульсов оставались прежними – 150 мкс и 500 мкА. На основании записи серии М-ответов мышцы определяли изменение их амплитуды относительно 1-го, амплитуда которого принималась за 100 %. При увеличении амплитуды М-ответов мышцы, вызванных ритмическим раздражением малоберцового нерва с частотой 30 имп/с, судили об облегчении синаптической передачи, тогда как уменьшение амплитуды М-ответов указывало в пользу депрессии нервно-мышечной передачи [14, 15].

На следующем этапе на малоберцовый нерв в течение 6 с наносили серию импульсов с плавно нарастающей частотой от 4 до 70 имп/с (длительность импульса составляла 100 мкс, сила тока 1000 мкА). Для нанесения на малоберцовый нерв импульсов нарастающей частоты использовали специальный режим стимулятора с плавно нарастающей частотой генерации прямоугольных импульсов от 4 до 70 имп/с в течение 6 с. На основании полученных записей оценивали амплитуду 1-го М-ответа в серии и среднюю амплитуду М-ответов каждого животного в диапазоне частоты 70 имп/с (высокая частота). На основании этих амплитуд определяли у каждого животного изменение (в %) амплитуды М-ответа при частоте 70 имп/с к амплитуде исходного М-ответа, на основании чего судили о лабильности синаптической передачи у животных разных групп.

На основании записей М-ответов мышцы при нарастающей частоте стимуляции малоберцового нерва (от 0,2 до 70 имп/с в течение 6 с) определяли также амплитуды М-ответа мышцы до и после развития тетануса. По отношению амплитуды М-ответа до и после развития 6-секундного тетануса судили о *степени посттетанического облегчения* [15].

После этого мышца выполняла утомляющую работу (УР), которую моделировали путем вызванного тетанического ее сокращения (частота импульсов стимуляции малоберцового нерва – 70 имп/с, длительность импульсов 0,5 мс и сила тока 1000 мкА) с внешней нагрузкой 70 г вплоть до полного ее расслабления на фоне продолжающейся электрической стимуляции малоберцового нерва.

После выполнения мышцей УР вновь регистрировали одиночный М-ответ мышцы при раздражении малоберцового нерва с частотой 0,2 имп/с и серию М-ответов при раздражении малоберцового нерва стимулами нарастающей амплитуды (от 0,01 до 2 В). На основании изменения параметров М-ответа мышцы после выполнения УР относительно соответствующих исходных значений судили об утомляемости НМА и скорости его восстановления после утомления у животных разных групп.

По окончании острого опыта в условиях глубокого наркоза проводили эвтаназию животных путем введения летальной дозы (300 мг/кг) тиопентала натрия.

*Статистическая обработка экспериментальных данных.* Оценку статистической достоверности различий между центральными тенденциями сравниваемых групп осуществляли с использованием t-критерия Стьюдента, предварительно убедившись в том, что распределение значений в исследуемых вариационных рядах близко к нормальному (W-тест Шапиро-Уилка, Statistica, 7.0), и F-статистики на основании проверки нулевой и альтернативной гипотез. Значения  $p < 0,05$  рассматривали как статистически достоверные. Исследуемые параметры выражали в виде «среднее  $\pm$  стандартная ошибка».

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Для животных ДМ-групп были характерны определенные синаптические расстройства, проявляющиеся в снижении надежности синаптической передачи и повышенной утомляемости синапсов, исходной их заблокированности и сниженной лабильности.

Так, у части животных ДМ-групп наблюдался патологически значимый декремент амплитуды М-ответов при низкочастотной стимуляции малоберцового нерва (4 имп/с), свидетельствующий в пользу снижения надежности синаптической передачи. Наиболее высокая частота регистрации этого декремента была характерна для животных 30ДМ-группы (70 %), тогда как к окончанию 2-месячного периода введения ДМ она снижалась (до 40 %, см. табл. 1).

Таблица 1

**Средние значения ( $\bar{X} \pm m$ ) декремента амплитуды М-ответа при низкочастотной стимуляции малоберцового нерва (4 имп/с) и степени посттетанического облегчения в мышце контрольных животных и крыс, получавших дексаметазон изолированно (ДМ-группа) и в комплексе с аргинином (ДМ+АРГ-группа) или плаванием (ДМ+ПЛАВ-группа) или комбинацией плавания с аргинином (ДМ+АРГ+ПЛАВ-группа)**

Группа животных	При частоте стимуляции НМА 4 имп/с		Степень посттетанического облегчения после 6-секундного тетануса	
	Декремент амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го, %	% особей с декрементом амплитуды М-ответов более 10 %	Амплитуда М-ответа исходная, мВ	% изменение амплитуды М-ответа после тетануса к исходной (посттетаническое облегчение, %)
К	2,4±1,1	0	3,1±0,24	-10,9±3,1
10ДМ	-5,7±3,9	10	1,0±0,13, [-69*]	122,4±48,2°
10ДМ+АРГ	-1,2±3,5	10	2,7±0,37	-15,2±5,4
10ДМ+ПЛАВ	6,8±4,3	0	4,6±0,31, [+45*]	-10,9±3,5
10ДМ+ПЛАВ+АРГ	-0,1±4,0	10	4,9±0,49, [+55*]	-14,4±5,1
30ДМ	-19,5±4,0°	70	1,1±0,25, [-65*]	83,9±24,6°
30ДМ+АРГ	-13,7±6,38°	40	3,0±0,34	-10,5±6,8
30ДМ+ПЛАВ	10,8±4,6	0	5,6±0,47, [+79*]	-11,2±8,9
30ДМ+ПЛАВ+АРГ	-2,9±3,9	0	4,5±0,53, [+43*]	-10,8±7,9
60ДМ	-10,4±3,2°	40	1,9±0,31, [-39*]	57,3±18,7°
60ДМ+АРГ	-12,2±4,93°	40	3,2±0,34	-9,7±8,72
60ДМ+ПЛАВ	12,6±5,8	0	6,7±0,87, [+113*]	-17,3±7,9
60ДМ+ПЛАВ+АРГ	-1,5±2,7	0	5,0±0,48, [+58*]	-8,3±5,7

*Примечание:* \* – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения контрольной группы (в %,  $p < 0,05$ ); ° – разница декремента амплитуды М-ответа или степени посттетанического облегчения статистически значима ( $p < 0,05$ ) относительно таковых контроля.

Все используемые нами компенсирующие средства отчасти уменьшили частоту встречаемости признаков сниженной надежности синаптической передачи, типичных для ДМ-групп. При этом наиболее эффективной в этом плане оказалась



умеренная ФН, применяемая в комплексе с ДМ самостоятельно или в комбинации с аргинином. Так, спустя первые 10 дней применения комбинации ДМ с плаванием или ДМ с плаванием и аргинином у 10 % особей встречался патологически значимый декремент амплитуды М-ответов при низкочастотной стимуляции НМА (4 имп/с), что было характерно и для 10ДМ-группы (см. табл. 1). Вместе с тем, спустя 30–60 дней комплексного применения ДМ с плаванием или комбинацией «плавание + аргинин» признаки сниженной надежности синаптической передачи не проявлялись вообще (см. табл. 1). При этом сама по себе умеренная ФН оказалась достаточной для предотвращения нарушения надежности синаптической передачи, вызванного введением синтетического ГК, тогда как сам по себе аргинин, применяемый в комплексе с ДМ, такого эффекта не оказывал. В частности, в случае применения ДМ с аргинином частота встречаемости патологически значимого декремента амплитуды М-ответов при низкочастотной стимуляции НМА (4 имп/с) несколько снижалась, в сравнении с ДМ-группами (до 40 % в 30ДМ+АРГ-группе против 70 % в 30ДМ-группе, см. табл. 1), но была выше таковой ДМ+ПЛАВ- и ДМ+ПЛАВ+АРГ-групп.

Данные факты косвенно указывают в пользу сохранности признаков сниженной надежности синаптической передачи у животных, получавших ДМ в комплексе с каким-либо из компенсирующих факторов. Но при этом наиболее эффективными в плане нивелирования негативных эффектов ДМ на надежность синаптической передачи оказались умеренная ФН и ее комбинация с аргинином.

У части животных ДМ-групп наблюдалось патологически значимое облегчение синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции НМА (30 имп/с), наибольшая частота которого на фоне сниженной амплитуды 1-го М-ответа в серии (на 36 %,  $p < 0,05$  относительно контроля) была характерна для 30ДМ-группы (см. табл. 2). Кроме того, для 30ДМ- и 60ДМ-групп было типично увеличение ( $p < 0,05$  относительно контроля) степени посттетанического облегчения мышцы на фоне сниженной относительно контроля (на 39–65 %,  $p < 0,05$ ) амплитуды исходного М-ответа (до тетануса, см. табл. 1). При этом спустя первые 10 дней изолированного введения ДМ случаи выраженного облегчения синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции НМА (30 имп/с) регистрировались на фоне относительно нормальных (соответствующих контролю) амплитуды 1-го М-ответа в серии и степени посттетанического облегчения (см. табл. 1, 2).

Данные факты указывают в пользу разных причин выраженного облегчения синаптической передачи у животных ДМ-групп на разных этапах развития гиперкортицизма. Очевидно, основной причиной этого облегчения у крыс 10ДМ-групп служило первоначальное облегчающее действие ДМ на состояние синаптической передачи, тогда как в 30ДМ- и 60ДМ-группах, в которых это облегчение отмечалось на фоне сниженной ( $p < 0,05$  относительно контроля) амплитуды 1-го М-ответа в серии и повышенной ( $p < 0,05$  относительно контроля) степени посттетанического облегчения, – частичная исходная заблокированность синапсов, отражающая наличие пресинаптических расстройств.

В случае применения в комплексе с ДМ аргинина, динамической ФН или комбинации «плавание + аргинин» – спустя 30 дней введения препаратов частота

случаев патологически значимого облегчения синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции НМА (30 имп/с) примерно в 2 раза снижалась, в сравнении с ДМ-группами (см. табл. 2). Причем относительно немногочисленные случаи выраженного облегчения синаптической передачи у животных этих групп имели место на фоне нормальной (в ДМ+АРГ-группах) или даже повышенной относительно контроля (в ДМ+ПЛАВ-, ДМ+ПЛАВ+АРГ-группах) амплитуды исходных М-ответов в серии (см. табл. 2) и нормальной степени посттетанического облегчения после 6-секундного тетануса (см. табл. 1).

В целом, относительно нормальная степень посттетанического облегчения у животных, получавших ДМ с любым компенсирующим фактором, а также нормальная или даже повышенная амплитуда 1-го М-ответа в серии при раздражении НМА с оптимальной частотой (30 имп/с) позволяют исключить заблокированность синапсов, как основную причину выраженного облегчения синаптической передачи, встречавшегося у некоторых особей этих групп. Наиболее вероятной причиной выраженного облегчения синаптической передачи при оптимальной частоте раздражения НМА (30 имп/с), отмеченного у части животных, получавших ДМ в комплексе с каким-то компенсирующим фактором, на наш взгляд, является облегчающее действие самого ДМ на синаптическую передачу, которое, очевидно проявлялось на начальных этапах изолированного его введения (в 10ДМ-группе) и не только на начальных, но и более поздних этапах введения ДМ с каким-то из компенсирующих факторов, в условиях отсутствия выраженных дистрофических изменений МВ.

Длительное изолированное введение ДМ обуславливало развитие постсинаптических расстройств в НМА. Так, у части особей ДМ-групп отмечалась патологически значимая депрессия синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции нерва (30 имп/с), которая встречалась в целом реже патологически значимого облегчения и с одинаковой частотой спустя 30 и 60 дней введения ГК (см. табл. 2). Кроме того, для животных 30ДМ- и 60ДМ-групп было характерно гораздо более существенное, чем у контроля ( $p < 0,05$ ), уменьшение амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии при высокой частоте стимуляции нерва (70 имп/с, см. табл. 2), что указывает в пользу сниженной лабильности синапсов.

Наиболее эффективной в плане предотвращения развития постсинаптических расстройств, вызванных введением ГК, оказалась ФН. В частности, при комплексном применении ДМ с плаванием случаев патологически значимой депрессии синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции НМА (30 имп/с) не обнаруживалось вообще, так же как и не наблюдалось снижения амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии в диапазоне высоких частот стимуляции малоберцового нерва (70 имп/с, см. табл. 2). Более того, спустя 2 месяца комплексного воздействия ДМ с плаванием, степень снижения амплитуды М-ответов в диапазоне высокочастотной стимуляции НМА (70 имп/с) относительно таковой 1-го в серии была значимо ниже, чем в контроле ( $p < 0,05$ ). Данный факт, по всей видимости, свидетельствует в пользу некоторого повышения лабильности синаптического аппарата вследствие долговременной адаптации к ФН, в том числе

возможно обусловленного не столько синаптическими перестройками, сколько увеличением мощности  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -насоса в собственно МВ.

Таблица 2

Средние значения ( $\bar{X} \pm m$ ) амплитуды 1-го М-ответа в серии и степени ее изменения при разных режимах стимуляции малоберцового нерва у контрольных животных и крыс, получавших дексаметазон изолированно (ДМ-группа) и в комплексе с аргинином (ДМ+АРГ-группа) или плаванием (ДМ+ПЛАВ-группа) или комбинацией плавания с аргинином (ДМ+АРГ+ПЛАВ-группа)

Группа животных	При частоте стимуляции НМА 30 имп/с			При стимуляции НМА стимулами плавно нарастающей частоты (от 0,2 до 70 имп/с)
	Амплитуда 1-го М-ответа, мВ	Степень облегчения (в % относительно 1-го М-ответа) / % особей в группе с облегчением более 30 %	Степень депрессии (снижение амплитуды М-ответов в % относительно 1-го) / % особей в группе с депрессией более 25 %	Изменение амплитуды М-ответов (в % относительно 1-го) при частоте стимуляции 70 имп/с
К	2,4±0,21	11,1±2,9 / 0	-5,7±2,6 / 0	-3,9±2,19
10ДМ	2,7±0,33	34,4±9,5° / 30	-12,0±4,5 / 20	-17,8±4,99°
10ДМ+АРГ	2,6±0,29	22,4±9,7 / 30	-17,7±6,4 / 30	-16,6±4,62°
10ДМ+ПЛАВ	4,2±0,46, [+60*]	10,2±4,24 / 0	-4,1±2,17 / 0	-2,5±2,80
10ДМ+ПЛАВ+АРГ	5,2±0,49, [+98*]	12,0±8,72 / 20	-9,9±4,8 / 0	-3,6±4,68
30ДМ	1,7±0,21, [-31*]	37,8±8,9° / 50	-19,5±5,3° / 30	-41,4±7,64°
30ДМ+АРГ	3,3±0,39	26,3±9,0 / 20	-2,57±1,8 / 10	-8,4±3,09
30ДМ+ПЛАВ	5,1±0,47, [+94*]	14,5±4,2 / 0	-5,29±1,8 / 0	-4,8±3,15
30ДМ+ПЛАВ+АРГ	4,4±0,67, [+67*]	9,7±3,1 / 0	-19,8±6,4 / 10	-5,8±3,94
60ДМ	2,9±0,34	8,1±4,4 / 20	-23,9±6,8° / 30	-34,6±8,77°
60ДМ+АРГ	3,3±0,37	20,3±5,5 / 20	-11,8±4,2 / 20	-6,2±3,75
60ДМ+ПЛАВ	6,4±0,68, [+146*]	14,4±5,2 / 0	-3,4±2,3 / 0	6,3±3,10°
60ДМ+ПЛАВ+АРГ	5,4±0,62, [+104*]	20,6±8,7 / 20	-9,5±4,2 / 10	4,1±2,69°

Примечание: \* – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно контрольной группы (в %,  $p < 0,05$ ); ° – разница степени изменения амплитуды М-ответа относительно таковой контроля статистически значима ( $p < 0,05$ ).

Аналогично применение ФН в комплексе с ДМ и аргинином уменьшало, в сравнении с ДМ-группами, частоту встречаемости патологически значимой депрессии синаптической передачи при оптимальной (30 имп/с) частоте стимуляции НМА (до 10–20 %) и предотвращало снижение амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии в диапазоне высокочастотной стимуляции малоберцового нерва (70 имп/с, см. табл. 2).

В случае применения ДМ с аргинином спустя первые 10 дней введения пары препаратов частота случаев патологически значимой депрессии синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции НМА (30 имп/с) была сопоставима с таковой ДМ-групп, и наблюдалось типичное для ДМ-групп снижение амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии при высокочастотной стимуляции НМА (70 имп/с, см. табл. 2). По мере дальнейшего применения ДМ в комплексе с аргинином, спустя 30–60 дней, частота патологически значимой депрессии синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции НМА снижалась примерно в 2 раза, по сравнению с соответствующими ДМ-группами, и не наблюдалось снижения амплитуды М-ответов при высокой частоте стимуляции НМА (70 имп/с, см. табл. 2). Данные факты указывают в пользу того, что при длительном введении ДМ с аргинином аргинин предотвратил развитие постсинаптических расстройств.

Таким образом, ФН, применяемая в комплексе с ДМ, полностью предотвращала развитие постсинаптических расстройств, аргинин оказался эффективным в плане компенсации постсинаптических нарушений только при длительном применении с ДМ (на протяжении 30–60 дней), тогда как спустя первые 10 дней введения пары препаратов «ДМ + аргинин» эти нарушения отмечались.

Подводя итог, эффективности аргинина умеренной ФН и их комбинации в компенсации синаптических нарушений, вызванных ДМ, необходимо отметить следующее. Все используемые нами средства предотвратили развитие исходной заблокированности синапсов. При этом в случае применения ДМ с ФН у животных не обнаруживалось вообще случаев патологически значимого облегчения синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции НМА (30 имп/с). При применении в комплексе с ДМ аргинина частота случаев патологически значимого облегчения синаптической передачи снижалась в 2 раза, по сравнению с таковой в ДМ-группах.

Несмотря на то, что все используемые нами средства предотвратили развитие исходной заблокированности синапсов, признаки которого отмечались в ДМ-группах, не все они оказались эффективными в плане нивелирования негативных эффектов синтетического ГК на надежность и лабильность синаптической передачи. При этом наиболее эффективными средствами в плане компенсации сниженной надежности синаптической передачи и постсинаптических нарушений оказалась ФН, применяемая самостоятельно или в комплексе с аргинином, тогда как аргинин проявлял свою эффективность только в случае длительного применения в комплексе с ДМ.

Длительно вводимый (на протяжении 30–60 дней) аргинин ослаблял выраженность постсинаптических нарушений, но существенно не улучшил

надежность синаптической передачи при комплексном его введении с ДМ. На наш взгляд, основной причиной сниженной надежности синаптической передачи у животных ДМ+АРГ-групп явилось нарушение ресинтеза медиатора в процессе ритмической активности синапса, которое на фоне даже сниженной активности ацетилхолинэстеразы и относительно нормального состояния холинорецепторов в постсинаптической мембране могло обусловить ослабление активации постсинаптического полюса.

На основании наблюдаемых нами признаков синаптических расстройств у животных, получавших ДМ изолированно или в комплексе с каким-то компенсирующим фактором, можно заключить, что у ДМ-групп отмечались признаки исходной заблокированности синапсов, в том числе обусловленные исходным дефицитом медиатора в пресинаптическом окончании, а также постсинаптических нарушений и сниженной лабильности синапсов. В случае введения ДМ в комплексе с каким-то компенсирующим фактором признаки исходной заблокированности синапсов не обнаруживались, но все же в некоторых группах выявлялись постсинаптические нарушения, а также снижение лабильности синапсов и надежности синаптической передачи. Все эти нарушения у животных, получавших ДМ в комплексе с каким-то из компенсирующих факторов, указывают в пользу того, что, наряду с исходной заблокированностью синапсов, длительное введение ГК, по всей видимости, приводит и к изменению состояния холинорецепторов в постсинаптическом полюсе, снижению активности ацетилхолинэстеразы и нарушению нормального ресинтеза ацетилхолина при ритмической активности синапса.

При этом наиболее эффективной в плане компенсации всех этих расстройств оказалась умеренная ФН, тогда как аргинин эффективно предотвратил развитие исходной заблокированности синапсов и ослабил развитие постсинаптических нарушений и снижение надежности синаптической передачи, в сравнении с ДМ-группами.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Аргинин, ФН и их комбинация определенным образом модулировали влияние ДМ на состояние синаптической передачи:

1. Все эти факторы предотвратили развитие исходной заблокированности синапсов, типичное для мышцы животных 30ДМ- и 60ДМ-групп,
2. ФН и ее комбинация с аргинином существенно снизили частоту случаев сниженной надежности синаптической передачи, в сравнении с ДМ-группами (до 10 % в 10ДМ+АРГ+ПЛАВ-группе и полного их отсутствия в ДМ+ПЛАВ-группах), тогда как аргинин уменьшил (до 10–40 %) частоту этих случаев, но, в отличие от ФН, не предотвратил полностью их появление,
3. Умеренная ФН эффективно предотвратила развитие постсинаптических нарушений, вызванных ДМ, тогда как аргинин несколько уменьшил частоту возникновения признаков постсинаптических нарушений (до 10–20 %) только при длительном применении с ДМ (на протяжении 30–60 дней).

Список литературы

1. Ильичева А. С. Оценка корректирующего воздействия аргинина и карнитина на активность и распределение катепсинов L, H скелетной и гладкой мышц при выраженной гипергомоцистеинемии / Ильичева А. С., Фомина М. А., Исаков С. А. // Пермский медицинский журнал. – 2016. – Т. 33, №2. – С. 82–89.
2. Ломоносова Ю. Н. Сигнальные эффекты субстратной стимуляции pNOS в скелетной мышце крысы после эксцентрической нагрузки / Ломоносова Ю. Н., Шенкман Б. С., Немировская Т. Л. // Доклады академии наук. – 2013. – Т. 452, № 6. – С. 685–689.
3. Sandbakk S. B. Effects of acute supplementation of L-arginine and nitrate on endurance and sprint performance in elite athletes / Sandbakk S. B. // Nitric Oxide. – 2015. – V. 48. – P. 10–15.
4. Ломоносова Ю. Н. Защитное и сигнальное действие оксида азота на волокна скелетных мышц при различных уровнях сократительной активности: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук: спец. 03.03.01 и 03.01.04 «Физиология» и «Биохимия» / Ю. Н. Ломоносова. – М., 2012. – 27 с.
5. Sakai H. Dexamethasone exacerbates cisplatin-induced muscle atrophy / Sakai H., Kimura M., Tsukimura Y., Yabe S., Isa Y., Kai Y., Sato F., Kon R., Ikarashi N., Narita M., Chiba Y., Kamei J. // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. – 2019. – V. 46, №1. – P. 19–28.
6. Shin K. Fbxw7 $\beta$  is an inducing mediator of dexamethasone-induced skeletal muscle atrophy in vivo with the axis of Fbxw7 $\beta$ -myogenin-atrogenes / Shin K., Ko Y. G., Jeong J., Kwon H. // Mol. Biol. Rep. – 2018. – V. 45, №4. – P. 625–631.
7. Труш В. В. Оценка эффективности аргинина в компенсации стероидной миопатии у белых крыс, индуцированной длительным введением дексаметазона / Труш В. В., Соболев В. И., Попов М. Н. // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2018. – Т.62, №4. – С. 120–129.
8. Труш В. В. Модуляция аргинином, умеренной физической нагрузкой и их комбинацией эффектов дексаметазона на параметры М-ответа скелетной мышцы крыс / Труш В. В., Соболев В. И. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия. – 2022. – Т. 8 (74), № 4. – С. 259–274.
9. Cai X.  $\alpha$ -Ketoglutarate prevents skeletal muscle protein degradation and muscle atrophy through PHD3/ADRB2 pathway / Cai X., Yuan Y., Liao Z., Xing K., Zhu C., Xu Y., Yu L., Wang L., Wang S., Zhu X., Gao P., Zhang Y., Jiang Q., Xu P., Shu G. // FASEB J. – 2018. – V. 32, №1. – P. 488–499.
10. Uchikawa K. Strenuous exercise-induced alterations of muscle fiber cross-sectional area and fiber-type distribution in steroid myopathy rats / Uchikawa K., Takahashi H., Hase K., Masakado Y., Liu M. // Am. J. Phys. Med. Rehabil. – 2008. – V. 87, №2. – P. 126–133.
11. Liu J. The pharmabiotic approach to treat hyperammonemia / Liu J., Lkhagva E., Chung H.-J., Kim H.-J., Hong S.-T. // Nutrients. – 2018. – V. 10, №2. – P. 140.
12. Poortmans J. R. Nitrate supplementation and human exercise performance: too much of a good thing? / Poortmans J. R. // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. – 2015. – V. 18, № 6. – P. 599–604.
13. Galea V. The number and relative size of motor units estimated by computer / Galea V., De Bruin H., Cavasin R., McComas A. J. // Muscle and Nerve. – 1991. – V. 14, №11. – P. 1123–1130.
14. Гехт Б. М. Теоретическая и клиническая электромиография / Б. М. Гехт – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1990. – 229 с.
15. MacIntosh B. R. Skeletal Muscle: Form and Function / MacIntosh B. R., Gardiner P. F., McComas A. J. – Champaign: Human Kinetics, 2006. – 423 p.

**EFFECTIVENESS OF ARGININE, MODERATE PHYSICAL ACTIVITY AND THEIR COMBINATION IN COMPENSATION OF SYNAPTIC TRANSMISSION DISTURBANCES CAUSED BY DEXAMETHASONE ADMINISTRATION**

*Trush V. V.<sup>1</sup>, Sobolev V. I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Donetsk national university, Donetsk, DPR, Russia*

<sup>2</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Republic of Crimea, Yalta, Russia*

*E-mail: ver.trush@yandex.ru*

The **aim** of the of the research occurs in the studying of the effectiveness of pharmacological doses of arginine (100 mg/kg/day), moderate dynamic physical activity (FA) and their combination in compensating of synaptic transmission disorders caused by the administration of dexamethasone (DM, 0.25 mg/kg/2 days, for 10 to 60 days), in the dynamics of iatrogenic hypercortisolism development.

**Method.** The experiments were held on sexually mature female rats (195–205 g), divided into 5 groups: control (n=10, C-group), the I-st experienced (n=30, received dexamethasone, DM-group), the II-nd experienced (n=30, received dexamethasone and daily swimming, DM+SWIM-group), III-rd experienced (n=30, received dexamethasone in combination with arginine, DM+ARG-group) and the IV-th experienced (n=30, received dexamethasone in combination with arginine and swimming, DM+ARG+SWIM-group). Subsequently, each experimental group was divided into 3 groups (n=10 in each) depending on the duration of the experimental exposure (10, 30 and 60 days).

Dexamethasone (KRKA, Slovenia) was administered at a dose of 0,25 mg/kg, once in 2 days, intraperitoneally, arginine ("Cardioarginine", "Zdorovye", Ukraine) – daily, subcutaneously, at a dose of 100 mg/kg. Animals of DM+SWIM- and DM+ARG+SWIM-groups began to be subjected to physical activity from the 1-st day of medications administration, daily until the end of their administration periods. Physical activity was modeled by swimming in a cylindrical container with a smooth surface (tank diameter 100 cm, depth 150 cm) at a water temperature of 38±1 °C without additional weights. Swimming had been started with 5 minutes per day, its duration was then being increased by 5 minutes daily until reaching a 1-hour exposure.

On anesthetized animals (sodium thiopental, 100 mg/kg), using the method of stimulating electromyography, a series of M-responses of the *m. tibialis anterior* were recorded under different modes of stimulation of the peroneal nerve with superthreshold electric current.

**Results.** Arginine, FA, and their combination in a certain way modulated the effect of DM on the state of synaptic transmission. All these factors prevented the development of initial blockage of synapses, which is typical for the muscles of animals of the 30DM- and 60DM-groups. FA and its combination with arginine significantly reduced the incidence of reduced reliability of synaptic transmission, compared with DM-groups (up to 10 % in 10DM+ARG+FA-group and their complete absence in DM+FA-groups), while arginine decreased (up to 10–40 %) the frequency of these cases, but, unlike FA, did not completely prevent their occurrence. Moderate FA effectively prevented the development of postsynaptic disorders caused by DM, while arginine somewhat reduced the incidence

of signs of postsynaptic disorders (up to 10–20 %) only with long-term use with DM (for 30–60 days).

**Keywords:** skeletal muscle, dexamethasone, steroid myopathy, arginine, physical activity, rats.

### References

1. Ilyicheva A. S., Fomina M. A., Isakov S. A. Assessment of correcting arginine and carnitine effects on activity and distribution of skeletal and smooth muscle L, H cathepsins in marked hyperhomocysteinemia, *Permskiy meditsinskiy zhurnal (Perm Medical Journal)*, **33** (2), 82-8 (2016). (In Russian)
2. Lomonosova Yu. N., Shenkman B. S., Nemirovskaya T. L. Signal effects of substrate stimulation of nNOS in rat skeletal muscle after eccentric exercise, *Doklady akademii nauk (Reports of the Academy of Sciences)*, **452** (6), 685-9 (2013). (In Russian). DOI: 10.7868/S0869565213310216
3. Sandbakk S. B. Effects of acute supplementation of L-arginine and nitrate on endurance and sprint performance in elite athletes, *Nitric Oxide*, **48**, 10-5 (2015). DOI: 10.1016/j.niox.2014.10.006
4. Lomonosov Yu. N. *Protective and signaling effect of nitric oxide on skeletal muscle fibers at different levels of contractile activity: abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Biological Sciences: spec. 03.03.01 and 01.03.04 "Physiology" and "Biochemistry"*. – M., 2012. (In Russian)
5. Sakai H., Kimura M., Tsukimura Y., Yabe S., Isa Y., Kai Y., Sato F., Kon R., Ikarashi N., Narita M., Chiba Y., Kamei J. Dexamethasone exacerbates cisplatin-induced muscle atrophy, *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, **46** (1), 19-28 (2019). DOI: 10.1111/1440-1681.13024
6. Shin K., Ko Y. G., Jeong J., Kwon H. Fbxw7 $\beta$  is an inducing mediator of dexamethasone-induced skeletal muscle atrophy in vivo with the axis of Fbxw7 $\beta$ -myogenin-atrogenes, *Mol. Biol. Rep.*, **45** (4), 625-31 (2018). DOI: 10.1007/s11033-018-4185-9
7. Trush V. V., Sobolev V. I., Popov M. N. Evaluation of arginine efficacy in control of steroid myopathy induced by long-term dexamethasone treatment in white rats, *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya (Pathological physiology and experimental therapy)*, **62** (4), 120-9 (2018). (In Russian). DOI: 10.25557/0031-2991.2018.04.120-129
8. Trush V. V., Sobolev V. I. Modulation by arginine, moderate physical activity and their combination of the dexamethasone effects on parameters of the M-response of rat skeletal muscle, *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo Biologiya. Khimiya (Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry)*, **8(74)** (4), 259-74 (2022). (In Russian).
9. Cai X., Yuan Y., Liao Z., Xing K., Zhu C., Xu Y., Yu L., Wang L., Wang S., Zhu X., Gao P., Zhang Y., Jiang Q., Xu P., Shu G.  $\alpha$ -Ketoglutarate prevents skeletal muscle protein degradation and muscle atrophy through PHD3/ADRB2 pathway, *FASEB J.*, **32** (1), 488-99 (2018). DOI: 10.1096/fj.201700670R
10. Uchikawa K., Takahashi H., Hase K., Masakado Y., Liu M. Strenuous exercise-induced alterations of muscle fiber cross-sectional area and fiber-type distribution in steroid myopathy rats, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, **87** (2), 126-33 (2008). DOI: 10.1097/PHM.0b013e31815869d0
11. Liu J., Lkhagva E., Chung H.-J., Kim H.-J., Hong S.-T. The pharmabiotic approach to treat hyperammonemia, *Nutrients*, **10** (2), 140 (2018). DOI: 10.3390/nu10020140
12. Poortmans J. R. Nitrate supplementation and human exercise performance: too much of a good thing? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, **18** (6), 599-604 (2015). DOI: 10.1097/mco.0000000000000222
13. Galea V., De Bruin H., Cavasin R., McComas A. J. The number and relative size of motor unites estimated by computer, *Muscle and Nerve*, **14** (11), 1123-30 (1991). DOI: <https://doi.org/10.1002/mus.880141114>
14. Geht B. M. *Teoreticheskaya i klinicheskaya elektromiografiya (Theoretical and clinical electromyography)*. Leningrad: Nauka; 1990. 228 p. (In Russian)
15. MacIntosh B. R., Gardiner Ph. F., McComas A. J. *Skeletal muscle. Form and function*. 2th ed. Champaign: Human Kinetics; 2006. 423 p. DOI: 10.5040/9781492596912



УДК 796.01:612

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-249-257

## ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ВАРИАбельНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Хоменко О. В.<sup>1</sup>, Катков Б. А.<sup>1</sup>, Якименко В. С.<sup>1</sup>, Сышко Д. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Спортивный клуб «Черноморец», Севастополь, Россия

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

E-mail: sk\_chernomorets@mail.ru

В работе исследовали влияние специфических физических нагрузок, связанных с проявлением аэробной выносливости и градиента силы на функцию регуляции сердечного ритма у военнослужащих. Получено разнонаправленное влияние, нагрузок аэробно-силовой направленности в сочетании с температурным фактором, на вариабельность сердечного ритма, в зависимости от вегетативного баланса в управлении сердечным ритмом, определяемого по соотношению LF/HF (низкой вариабельности к высокой). Выделено две группы военнослужащих. Для военнослужащих первой группы (n=12) после этапа использования специфических физических нагрузок было характерно преобладание симпатического канала в ритме сердца, более высокое напряжение в центральном контуре регуляции. Для военнослужащих второй группы (n=14) после этапа использования специфических физических нагрузок было характерно преобладание парасимпатического канала в ритме сердца, более низкое напряжение в центральном контуре регуляции, что с позиций современных представлений физиологии мышечной деятельности, является более позитивным вектором в адаптации к нагрузкам.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, аэробная выносливость, градиент силы, военнослужащие

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач прикладной физиологии, является исследование адаптации человека к экстремальным воздействиям различных факторов, как физического, так и психогенного характеров. При выполнении задач, связанных с военным трудом, военнослужащие сталкиваются со специфическими факторами воздействия на их организм. Специфичность воздействия на организм военнослужащего, представляет собой, как правило, совокупность влияний механического (физические нагрузки), температурного, энергетического, стрессовых и др. факторов. Специфичность механического фактора связана, прежде всего, с физическими нагрузками, предъявляющими значительные требования к градиенту силы и общей выносливости. Сочетание проявления силы и выносливости предъявляет высокие требования к эффективности функционирования нервно-мышечного аппарата и кардиореспираторной системы. Оптимальность функционирования этих систем, по сведениям многих авторов, определяют по особенностям регуляции ритма сердца [1–5]. Существует мнение [6],

что переход из одного механизма энергообеспечения мышечных клеток на другой, (например, с аэробного на анаэробный) обязательно отразится на показателях variability ритма сердца. Известно, что variability сердечного ритма (BCP) показывает долю различных уровней регуляции сердечного ритма, в течение определенного периода времени, включая как ритмические колебания мгновенной частоты сердечных сокращений, так и неритмические колебания последовательных интервалов RR [5]. BCP как характеристика сердечной деятельности находится под постоянной модуляцией вегетативной нервной системы, которая регулирует физиологическую адаптацию организма к разнообразным потребностям организма [1]. Дифференцированный подход, с учётом типологических реакций на нагрузку, даёт возможность более точно оценить состояния организма в различных состояниях, особенно не изученным остаётся вопрос, когда физическая нагрузка носит многофакторный характер, в зоне смешанной нагрузки аэробной мощности и градиента силы, с какой сталкиваются военнослужащие.

В связи с этим, **целью** нашего исследования являлось определения влияний специфических физических нагрузок на функцию регуляции ритма сердца у военнослужащих.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальное исследование проведено на базе Спортивного клуба «Черноморец» г. Севастополь с участием Научно-клинического центра «Технологии здоровья и реабилитации» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». В исследовании принимали участие военнослужащие (n=26) на этапе становления физических способностей к преодолению специальной полосы препятствий, приближенной к реальным условиям военных операций. Возраст испытуемых составлял 18–20 лет. Этап становления физических способностей к преодолению специальной полосы препятствий составлял 3 месяца, 4 тренировочных занятия в неделю. Физиологическая характеристика нагрузок представляла собой совокупность аэробной выносливости с градиентом силы и наличием температурного фактора, связанного с охлаждением поверхности тела и амуниции водой (14 градусов по шкале Цельсия). Основание к выбору величины температуры воды связано рекомендациями по первичному этапу освоения специальной полосы препятствий. В начале этапа освоения специальной полосы препятствий и по его завершению в конце (через 3 месяца тренировочных занятий) регистрировали показатели вариационной пульсометрии. При этом использовали аппаратно-программный комплекс "Омега-М" (Россия). В положении сидя у военнослужащих регистрировали следующие показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); интервалы R-R (мс); индекс напряжения (ИН, усл. ед., отражает степень централизации управления сердечным ритмом); общую мощность спектра (TP, мс<sup>2</sup>, отражает суммарную активность вегетативных воздействий на сердечный ритм); мощность спектра высокочастотного компонента BCP (HF, мс<sup>2</sup>, отражает активность парасимпатического кардиоингибиторного центра продолговатого мозга); мощность спектра низкочастотного компонента BCP (LF, мс<sup>2</sup>, отражает активность симпатического центра продолговатого мозга); мощность

спектра очень низкочастотного компонента ВСР (VLF,  $\text{мс}^2$ ); отношение мощности низких частот к мощности высоких (LF/HF, усл. ед.) и индекс централизации (ИЦ, усл. ед.). Полученные данные подвергались статистической обработке. Применялся метод статической характеристики вариационного ряда с определением средней арифметической ( $\bar{x}$ ) и ошибки средней арифметической ( $S_{\bar{x}}$ ). Полученный материал обрабатывался на персональном компьютере с использованием пакета программ STATISTICA 10.0. Проверка соответствия статистических данных закону нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение показателей ВСР у военнослужащих до и после использования специфических физических нагрузок, которые по своим физиологическим характеристикам были совокупностью аэробной выносливости с градиентом силы, показало изменение как мощностных, так и спектральных характеристик variability (табл. 1). Так, среднестатистические показатели ИИ свидетельствовали о тенденции снижения напряжения в центральных механизмах регуляции работы сердца, при увеличении суммарной мощности ТР в variability сердечного ритма. Некоторые авторы, считают суммарную мощность спектра сердечного ритма, валидным показателем в оценке адаптационного потенциала всей сердечно-сосудистой системы [5]. Также обнаружено увеличение HF компоненты, что свидетельствует об увеличении влияния парасимпатического канала регуляции. Существует мнение, что с повышением резервов организма, в связи с адаптацией к физическим нагрузкам повышается тонус парасимпатического канала регуляции, и соответственно HF, а уменьшение variability принято рассматривать, как явления связанное с перетренированностью. При этом, тенденция сохранения превалирования симпатических влияний сохраняется, так не смотря на снижение LF/HF, эта величина была больше 1,0. Известно, что тип вегетативной регуляции можно установить по значениям  $pNN50$ , как фактор регуляций со стороны парасимпатического канала регуляции, и это фактор увеличивался после использования специфических физических нагрузок военнослужащих. Интересно отметить, что показатель  $AM_0, \%$  не изменился, что свидетельствует о стабильности этого показателя и его устойчивости к различным факторам. Несмотря на определённые тенденции в изменении показателей ВСР, необходимо отметить, на значительные величины стандартных отклонений, коэффициента вариации и ненормальность распределения ряда (по критерию Шапиро-Уилка) по практически всем показателям ВСР.

Таблица 1.

Показатели ВСР у военнослужащих до и после этапа использования специфических физических нагрузок (средне-статистические показатели)

Показатели ВСР	В начале этапа	В конце этапа
ИН усл. ед.	61,4±10,02	52,8±9,1
TP мс <sup>2</sup>	3782,4±893,2	5462,7±1003,4
HF %	1726,6±191,2	2189,2±804,2
LF %	1987,8±124,1	2779,1±239,1
LF/HF усл. ед.	1,75±0,4	1,31±0,4
AM <sub>0</sub> , %	38,6±4,4	38,8±5,4
pNN50 %	7,6±0,4	9,1±0,4

Поэтому, делать выводы и обобщения не учитывая тип и характер этих изменений было бы неверным. Например, существует, данные свидетельствующие о том, что показатели вариационной пульсометрии, в какой то мере, отражают характер физических нагрузок и уровень подготовленности в спорте. Так, в работах Берсеньева Е. Ю. (2012) [2] существует дифференцированный подход к этапам подготовки и специализаций спортсменов по суммарной активности регуляторных систем (TP), по степени напряжения вегетативной регуляции (ИН), по вегетативному балансу (RMSSD), а также учитывать уровень функционирования сердечно-сосудистой системы (ЧСС), активность вазомоторного центра (LF) и надсегментарного энерго-метаболического уровня регуляции (VLF). Анализируя, наши данные, мы пришли к заключению, что показатели вариационной пульсометрии, после этапа использования специфических нагрузок у военнослужащих, также происходили по разному, что позволило разделить исследуемых на 2<sup>е</sup> группы, по характеру изменений ВСР (рис. 1). В качестве критерия, нами был избран показатель LF/HF, отражающий не только соотношение влияний симпатического и парасимпатического каналов регуляции, но и, по мнению Wachter E. (2010) [6], как показатель отражающий переход от аэробного режима энергообразования к анаэробному. Разделение на группы было произведено по методу сигмальных отклонений. В условиях, когда значение LF/HF было в диапазоне  $1,0 \pm 2\sigma$ , где  $\sigma$  – квадратическое отклонение учитывающая максимальные и минимальные значения, и количество выборки. Это дало нам возможность использовать значение LF/HF, в оценке восстановления вегетативного баланса в регуляции ритмом сердца и в целом сердечно-сосудистой системы у военнослужащих после этапа использования специфических физических нагрузок. Таков, дифференцированный подход и разделение на группы выявил

типологические свойства реагирования системы регуляции сердечно-сосудистой системы на специфические нагрузки военнослужащих. Как видно из представленного рисунка 1, у военнослужащих второй группы достоверно снизился показатель LF/HF до величины 1,01, а у испытуемых первой группы остался на прежнем уровне. Опираясь на современные представления спортивной физиологии и физиологии мышечной деятельности, в частности на данные о механизмах адаптации системы регуляции и управления сердечным ритмом, необходимо отметить более позитивные приспособления у представителей второй группы. Так, как эти изменения свидетельствуют о установлении некоего вегетативного баланса в управлении сердечным ритмом, так как абсолютная величина приближена к 1,00. Снижение величины LF/HF, связано с преобладанием парасимпатического канала регуляции, что связывают с экономизацией функций и вариабельностью в регулировании. Представляет проблему интерпретация результатов изменения ВСР у военнослужащих первой группы. Однако опираясь на теорию ультрастабильных состояний при экстремальных нагрузках [3, 4], базирующейся на дискретности функционального состояния, то можно предположить, что имеет место отставленный, отсроченный эффект в изменениях ВСР, либо некий переход от одного состояния, к другому. Тогда, к военнослужащим первой группы необходима разработка методологического подхода в коррекции физической подготовки. Несомненно, для правильной интерпретации результатов по первой группе военнослужащих необходимы дальнейшие исследования.

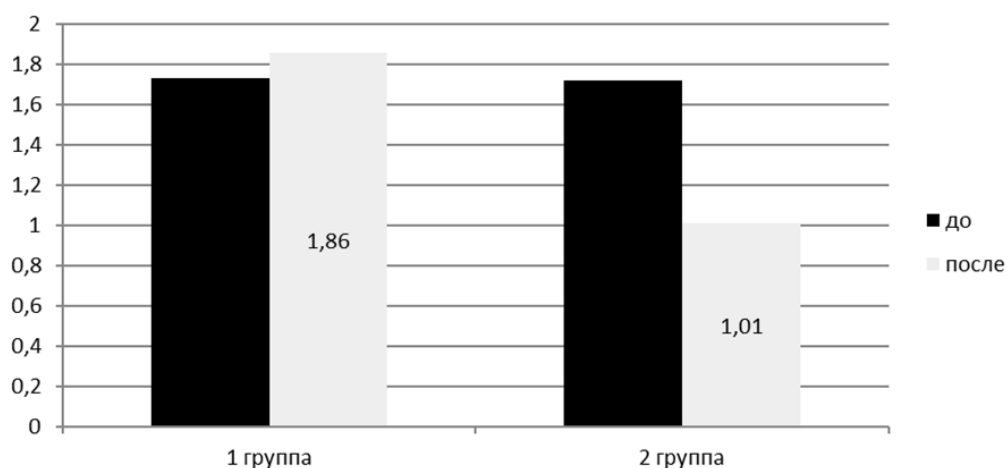


Рис. 1. Показатели LF/HF (усл.ед.) до и после этапа использования специфических физических нагрузок у военнослужащих.

Действительно, такой подход позволил более точно определить типологические и индивидуальные признаки в изменении показателей ВСР у военнослужащих (табл. 2).

Таблица 2.

**Показатели ВСР у военнослужащих первой и второй группы после этапа использования специфических физических нагрузок (дифференцированные показатели)**

Показатели ВСР	Первая группа (n=12)	Вторая группа (n=14)
ИН усл. ед.	66,4±9,1	46,8±8,1*
TP мс <sup>2</sup>	3782,4±999,4	4462,7±1003,4
HF %	1126,6±201,1	2169,2±204,2*
LF %	2387,8±124,1	2189,1±136,1
LF/HF усл. ед.	1,86±0,2	1,01±0,3*
AM <sub>0</sub> , %	38,9±2,4	38,4±3,4
pNN50 %	7,0±0,3	10,5±0,4*

Примечание: \* – достоверность при  $p < 0,05$

Приведенные данные свидетельствуют, что показатели ВСР в разных группах достоверно отличаются, что не наблюдается в обобщенном подходе, когда рассматриваются среднестатистические параметры. Логично предположить, что система регуляции сердечным ритмом адаптируется по-разному, и это зависит, по-видимому, от индивидуальных функциональных особенностей организма в целом, и сердечно-сосудистой системы, в частности. Анализ данных ВСР подтверждает, это предположение, так как, не смотря на увеличение показателя pNN50 % и более высокого показателя спектральной мощности TP, индекс напряжения у представителей второй группы был ниже, что свидетельствует о более сбалансированном, более синергичном влиянии центрального контура управления в ритме сердца. Таким образом, исследование влияния специфических физических нагрузок на систему регуляции ритмом сердца зависит от типологических и индивидуальных особенностей организма. Обнаружено два реактивных свойства центрального контура управления сердечным ритмом на комплексную нагрузку аэробного и силового характера. К первому реактивному свойству, необходимо отнести преобладание симпатического канала регуляции, с напряжением, и конкуренцией всех механизмов регуляции; ко второму – преобладание парасимпатического канала регуляции, с синергией всех механизмов регуляции. С позиций классических и современных представлений спортивной физиологии преобладание вагусных влияний и отсутствие напряжения в контуре управления сердечным ритмом, является фактором позитивной адаптации. Наши данные согласуются с исследованиями Патахова П. П., (2014) [7] и Степаненко И. А. [8], где

было получены аналогичные механизмы применительно к факторам особого риска у военнослужащих с разным уровнем стрессоустойчивости и лиц призывного возраста, а также спортсменов [9, 10]. Поэтому, логично предположить, что военнослужащие второй группы более оптимально адаптированы, к такому характеру нагрузок. Проверка этой гипотезы требует дополнительного исследования других висцеральных систем организма и практических, прикладных исследований физической работоспособности.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В оценке изменений показателей variability сердечного ритма необходимо использовать не средне-статистические показатели мощностных и спектральных показателей ВСР, а использовать дифференцированный подход, учитывающий типологические и индивидуальные свойства в регуляции ритмом сердца.
2. По количественным параметрам соотношения симпатико-парасимпатического баланса (LF/HF) в регуляции ритма сердца, получено две группы военнослужащих. Первая группа с неполным восстановлением вегетативного баланса и вторая группа, с полным восстановлением вегетативного баланса, после перенесённых специфических физических нагрузок.
3. Для военнослужащих первой группы после этапа использования специфических физических нагрузок, было характерно преобладание симпатического канала в ритме сердца, более высокое напряжение в центральном контуре регуляции, что видимо, свидетельствует о состоянии перетренированности, либо дискретности состояния, опираясь на теорию ультрастабильных систем при экстремальных нагрузках. В этом случае, рекомендуются реабилитационные мероприятия, направленные на восстановление аэробного потенциала организма военнослужащих этой группы.
4. Для военнослужащих второй группы после этапа использования специфических физических нагрузок, было характерно преобладание парасимпатического канала в ритме сердца, более низкое напряжение в центральном контуре регуляции, что с позиций современных представлений физиологии мышечной деятельности, является более позитивным вектором в адаптации к нагрузкам.

### **Список литературы**

1. Берсенев Е. Ю. Вариабельность сердечного ритма у здоровых людей при функциональных нагрузках на кардиореспираторную систему : автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 03.00.13, 14.00.32 / Берсенев Е. Ю. – Рос. ун-т дружбы народов (РУДН). – Москва, 2002. – 20 с.
2. Берсенев Е. Ю. Вариабельность сердечного ритма в условиях длительной изоляции (эксперимент «Марс-500») / Е. Ю. Берсенев, В. Б. Русанов, А. Г. Черникова // Вестник Удмуртского университета. Биология. Наука о Земле. – 2012. – Вып. 1. – С. 38–44.
3. Ильин В. Н. Оценка функционального состояния организма человека в экстремальных условиях на основе теории ультрастабильных систем / В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, А. Алвани // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. – №3. – С. 93–100.
4. Криворученко Е. В. Новый подход к оценке работоспособности спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, по анализу показателей variability

- сердечного ритма / Е. В. Криворученко, В. Н. Ильин // Сб. материалов Международной научн. конф. «Состояние и перспективы развития медицины в спорте высших достижений: СпортМед-2006». – М. : АнитаПресс, 2006. – С. 171–172.
5. Кузнецов А. А. Биофизика сердца. / А. А. Кузнецов // Учебное пособие. Книга 2. Электрокардиографическое холтеровское мониторирование для исследования variability сердечного ритма условно здоровых людей. – Владимир, 2013. – 84 с.
  6. Wachter Eva. HRV – Schwellenbestimmung anhand Fahrradergometrie und Laufband im Verhältnis zu anaeroben Schwellen und Laktatschwellen. / Wachter Eva. // Dissertation. Zur Erlangung des akademischen Grades Doctor medicinae (Dr. med.) – 2010. – 101 p.
  7. Патахов П. П. Определение стрессоустойчивости у военнослужащих в зоне особого риска по variability ритма сердца / Патахов П. П. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15358> (дата обращения: 01.01.2023).
  8. Степаненко И. А. Латентные аритмии и некоторые показатели нейро-гуморального статуса у лиц предпризывного и призывного возраста / И. А. Степаненко // Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук, по специальности 14.01.04. – внутренние болезни. Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова. Санкт-Петербург. – 2020. – 175 с.
  9. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н. И. Шлык — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
  10. Thayer J.F. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. / J. F. Thayer, A. L. Hansen, E. Saus-Rose et al. // *Ann Behav Med.* – 2009. – 37(2). – P. 141–153.

## **THE EFFECT OF SPECIFIC PHYSICAL EXERTION ON HEART RATE VARIABILITY IN MILITARY PERSONNEL**

***Homenko O. V.<sup>1</sup>, Katkov B. A.<sup>1</sup>, Yakimenko V. S.<sup>1</sup>, Syshko D. V.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Chernomorets Sports Club, Sevastopol, Russia*

<sup>2</sup>*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia*

*E-mail: sk\_chernomorets@mail.ru*

The paper investigated the effect of loads associated with aerobic endurance and strength gradient on the function of heart rate regulation in military personnel. The multidirectional influence of such a nature of loads on heart rate variability, depending on the vegetative balance in heart rate management, determined by the ratio LF/HF, was obtained. 2 groups of military personnel were allocated. For the military personnel of the first group (n=12) after the stage of using specialized physical exertion, the predominance of the sympathetic channel in the heart rhythm, higher voltage in the central regulation circuit was characteristic. For the military personnel of the second group (n=14), after the stage of using specialized physical exertion, the predominance of the parasympathetic channel in the heart rhythm was characteristic, lower voltage in the central regulation circuit, which, from the standpoint of modern ideas of the physiology of muscular activity, is a more positive vector in adaptation to loads. These data indicate that HRV indicators in different groups differ significantly, which is not observed in the generalized approach when the average statistical parameters are considered. It is logical to assume that the heart rhythm regulation system adapts in different ways, and this depends, apparently, on the individual functional characteristics of the body as a whole and the cardiovascular



system in particular. Analysis of HRV data confirms this assumption, since despite an increase in the pNN50 % index and a higher spectral power TP index, the voltage index of the representatives of the second group was lower, which indicates a more balanced, more synergistic effect of the central control circuit in the heart rhythm. Thus, the study of the effect of specific physical exertion on the heart rhythm regulation system depends on the typological and individual characteristics of the organism. The second is the predominance of the parasympathetic channel of regulation, with the synergy of all regulatory mechanisms.

**Keywords:** heart rate variability, aerobic endurance, strength gradient, military personnel.

#### References

1. Bersenev E. Y. *Variabelnost serdechnogo ritma u zdorovyh ludei pri funkcionalnyh nagruzkah na kardiorespiratornuyu sistemu* : avtoreferat dis. ... : 03.00.13, 14.00.32, 20 s. (Ros.un-t druzhby narodov (RUDN), Moskva, 2002).
2. Bersenev E. Y. Rusanov V. B., Chernikova A. G. Variabelnost serdechnogo ritma v usloviyih dlitelnoi izolyacii (eksperiment «Mars–500»), *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauka o Zemle*, **1**, 38 (2012).
3. Ilyin V. N., Filippov M. M., Alvani A. Ocenka funkcionalnogo sostoyania organizma cheloveka v ekstremalnyh sistem na osnove teorii ultrastabilnyh sistem, *Ulyanovskii mediko-biologicheskii zhurnal*, **3**, 93 (2014).
4. Kryvoruchenko E. V., Ilyin V. N. *Novyi podhod k ozenke rabotosposobnosti sportsmenov, specializiruushihsyah v ziklicheskih vidah sporta*, Sb. Materialov Mezhdunarodnoy nauch. konf. «Sostoyaniya I perspektivy razvitiya mediziny v sporte vyshyh dostizheniy v sporte: “SportMed-2006”, 171 (M.: AnitaPress, 2006).
5. Kuznecov A. A. *Biofizika serdca*, Uchebnoe posobie. Kniga 2. Elektrokardiograficheskoe holterovskoe monitorirovanie dly issledovaniya Variabelnost serdechnogo ritma u uslovno zdorovyh ludei, 84 s. (Vladimir, 2013).
6. Wachter Eva. *HRV – Schwellenbestimmung anhand Fahrradergometrie und Laufband im Verhältnis zu anaeroben Schwellen und Laktatschwellen*. Dissertation. Zur Erlangung des akademischen Grades Doctor medicinae (Dr. med.), 101 p. (2010).
7. Patahov P. P. Opredelenie stressoustoichivosti u voenosluzhashih v zone osobogo riska po Variabelnost serdechnogo ritma, *Sovremenyie problemy nauki I obrazovaniya*, **6**, URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15358> ( data obrasheniya: 01.01.2023). (2014).
8. Stepanenko I. A. *Latentnye aritmii I nekotorye pokazateli neuro-gumornalnogo statusa u lic predprizyvnoy I prizyvnoy vozrasta*, Dissertaciya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata medicinskih nauk, po specialnosti 14.01.04. vnutrinie bolezni, 175 s. (Voenno-medicinskaya akademiya im. S. M. Kirova. Sankt-Peterburg, 2020).
9. Shlyk N. I. Serdechnyi ritm I tip regulyacii u detey, podrostkov I sportsmenov, 259 s. (Izhevsk: Izda-vo «Udmurtskiy uneverstet», 2009).
10. Thayer J.F., Hansen A.L., Saus-Rose E., et al. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Ann Behav Med*, **37(2)**, 141 (2009).

**УДК 615.322**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-258-265**

## **АНТИОКСИДАНТНАЯ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ *ALLIUM SATIVUM***

**Черепанова М. О.<sup>1</sup>, Суботялов М. А.<sup>1,2</sup>**

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

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

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

В обзоре представлен анализ публикаций, посвященных выявлению антиоксидантной и противовоспалительной активности различных компонентов растения *Allium sativum*. При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в международные и отечественные базы данных PubMed и Elibrary (РИНЦ). Проведенный анализ показал, что в составе *Allium sativum* присутствует широкий спектр биологически активных веществ: аллицин, аллин, эфирные масла, серосодержащие соединения (сульфиды, дисульфиды, трисульфиды) и другие. В исследованиях были продемонстрированы антиоксидантный, противовоспалительный, а также противомикробный, противоопухолевый, гипотензивный, гепатопротекторный, гиполипидемический, антидиабетический эффекты. Обзор показал, что *Allium sativum* обладает терапевтическим потенциалом и может быть перспективным видом сырья для разработки средств, эффективных при различных заболеваниях.

**Ключевые слова:** чеснок, *Allium sativum*, антиоксидант, фармакогнозия, противовоспалительная активность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Частота применения растительных ресурсов в качестве терапевтических средств при различных отклонениях в состоянии здоровья повышается с каждым годом.

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

Одним из перспективных растительных ресурсов, с богатым набором биологически активных веществ, обладающих высоким терапевтическим потенциалом, является *Allium sativum* (Чеснок).

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

При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed, Elibrary (РИНЦ). Глубина поиска публикаций составила 15 лет, также в обзор был включен ряд более ранних работ, соответствующих теме

исследования. Для отбора публикаций были выбраны статьи, отвечающие требованиям рандомизированных клинических исследований.

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

*Allium sativum* L. (чеснок посевной) – многолетнее луковичное растение высотой до 1,5 м из семейства *Alliaceae* (Луковые). Род *Allium* – самый многочисленный в семействе луковые и включает примерно 500 видов, из которых около 300 распространены на Кавказе, в Средней Азии, Казахстане и Сибири. В России чеснок – популярная огородная культура, выращиваемая практически повсеместно.

Упоминания о целебных свойствах чеснока встречаются с самых давних времен. В медицине Унани чеснок применялся как мочегонное, противоядное и противоартритное средство. В Аюрведе описано антисептическое, противоглистное и противовоспалительное действие чеснока. Рекомендовано его наружное применение при ревматических заболеваниях.

В отечественной народной медицине чеснок успешно применялся при широком спектре заболеваний. Среди них ангина, глистные инвазии, укусы змей, гнойные раны, язвы и многие другие. До сих пор чеснок применяют внутрь и наружно в основном при респираторных заболеваниях [1].

В настоящее время доступны четыре типа препаратов чеснока: эфирное масло чеснока, мацерат чесночного масла, чесночный порошок и экстракт выдержанного чеснока (ЭВЧ). Установлено, что от условий произрастания и технологии получения препарата или биологически активной добавки к пище зависит конечный химический состав продукта, итоговое содержание полезных веществ и, как следствие, биологический эффект. Так, например, экстракт выдержанного чеснока обладает антиоксидантной активностью, а сырого – окислительной [2]. Эти факты обуславливают необходимость токсикологических испытаний каждого коммерческого продукта и строгий контроль качества. Из всех предложенных типов препаратов наиболее хорошо изучен, стандартизирован и безопасен экстракт выдержанного чеснока [3].

## 2. ВЫДЕРЖАННЫЙ ЧЕСНОК

Выдержанный или черный чеснок с недавнего времени становится популярным продуктом для здоровья на азиатском рынке. Черный чеснок – это переработанный чесночный продукт, который получают путем тепловой обработки сырого чеснока при температуре 60–80 °С и контролируемой влажности в течение нескольких месяцев. Одна из важных задач термических процессов – повысить вкусовые качества пищевых продуктов и поспособствовать образованию биологически активных соединений, которые изначально присутствуют в продукте в меньших количествах или вовсе отсутствуют [4].

Луковицы свежего чеснока содержат 7–100 мг/100 г эфирного масла (по некоторым данным до 0,4%). Оно представляет собой сложную смесь

реакционноспособных серосодержащих соединений, главным образом сульфидов, дисульфидов и трисульфидов, которые придают характерный резкий запах летучим веществам чеснока [5].

Основные предающие чесноку характерный запах сероазотсодержащие вещества – аллицин и его предшественник аллин – являются химически неустойчивыми и небiodоступными. После того, как чеснок обрабатывается путем нарезки или измельчения, соединения свежего чеснока превращаются в сотни сероорганических соединений за короткий период времени. Типичные летучие вещества эфирного масла измельченного чеснока включают диаллилсульфид (DAS), диаллилдисульфид (DADS), диаллилтрисульфид (DATS), метилаллилдисульфид, метилаллилтрисульфид, 2-винил-1,3-дитин, 3-винил-1,2-дитин и E-, Z-адоен.

Гомогенат измельченного чеснока также содержит водорастворимые нелетучие сероорганические соединения. Эти вещества образуются в результате превращений  $\gamma$ -глутамин-S-аллил-L-цистеина. Наиболее важные и обладающие терапевтическим потенциалом среди водорастворимых соединений S-аллилцистеин (SAC) и S-аллилмеркаптоцистеин (SAMC). Помимо этого, в свежем чесноке содержатся биологически активные фенольные соединения – алликсин, N- фруктозилглутамат, N- фруктозиларгинин и флавоноиды [3].

В процессе выдерживания чеснока при высокой температуре пахучие, резкие и раздражающие компоненты свежего сырого чеснока естественным образом превращаются в стабильные и безопасные соединения (рисунок 1).

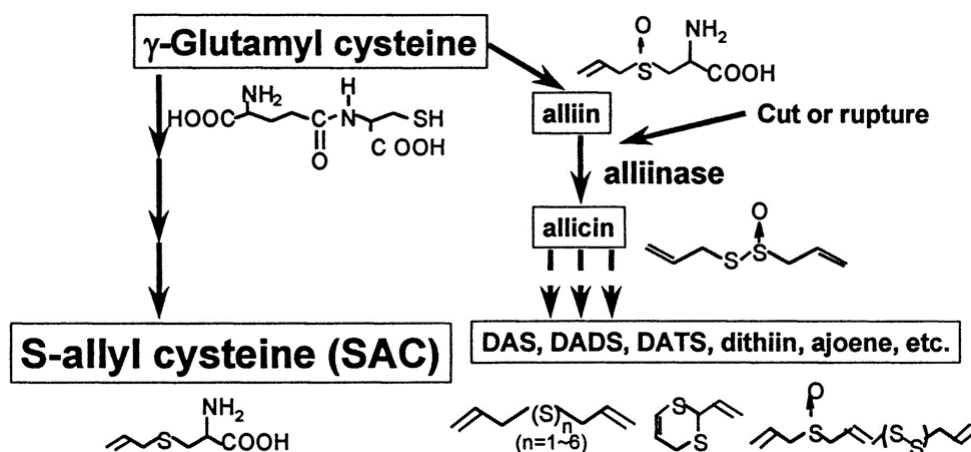


Рис. 1. Химические превращения компонентов чеснока.

В выдержанном чесноке полностью отсутствует аллицин, что свидетельствует о его превращении в другие серосодержащие соединения. В результате чеснок имеет кисло-сладкий вкус и желеобразную консистенцию. Процесс нагревания приводит к реакции Майяра, создавая типичный темно-коричневый цвет, и увеличивает концентрацию антиоксидантных соединений. Черный чеснок, как и

свежий содержит биоактивные соединения, такие как фенолы, флавоноиды, SAC, SAMC, DAS, DADS и DATS. Эти вещества, происходящие из аллицина, обуславливают антиоксидантную активность ЭВЧ [6].

Что касается различия концентраций биологически активных веществ в экстрактах свежего и выдержанного чеснока, то показатели последнего несколько выше. Было показано, что концентрация SAC при выдерживании чеснока в этаноле при комнатной температуре в течение 24 месяцев возрастает [7–9]. В другом исследовании [10] независимо от растворителей, содержание флавоноидов в группах выдержанного чеснока было значительно выше, чем в группах свежего чеснока. Из экстрактов, полученных с помощью трех видов растворителей (дистиллированная вода, этанол, и хлороформ) именно водный экстракт показал самое высокое общее содержание фенолов и флавоноидов.

Результаты активности улавливания радикалов показали тенденцию к снижению антиоксидантного эффекта в зависимости от растворителя для экстракции (дистиллированная вода > этанол > хлороформ). Активность ЭВЧ по улавливанию радикалов была значительно выше, чем в группе свежего чеснока [11–13]. По-видимому, повышенная антиоксидантная активность ЭВЧ связана с большим содержанием SAC, фенолов и флавоноидов.

В недавнем исследовании [14] было выявлено, что экстракты термически обработанного чеснока имеют высокий процент антиоксидантной активности (АОА), вероятно, из-за высоких уровней аджоена и винилдитиина. Эти результаты согласуются с результатами, полученными при индивидуальном тестировании чистых соединений. Кроме того, самые низкие значения АОА были для экстрактов свежего чеснока, в которых не могли быть обнаружены ни аджоен, ни винилдитиин.

Неоднозначные результаты показывают испытания АОА полисульфидов. В том же исследовании [14] DAS, DADS и DATS показали самые низкие уровни АОА. Однако, эти данные противоречат результатам, представленным в другой публикации [9], которые показали, что DATS обладает АОА, через ингибирование образования гидропероксида липидов (LOOH) в ЛПНП у людей.

ЭВЧ также менее раздражает слизистую ЖКТ и не имеет побочных токсических эффектов. Более того, было показано, что AGE превосходит сырой чеснок по своим терапевтическим свойствам в экспериментах *in vivo* [6].

### 3. АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ЧЕСНОКА

В последнее время многочисленные исследования показали, что чеснок обладает широким спектром биологических эффектов, включая антиоксидантные, противомикробные, противоопухолевые, гипотензивные, гепатопротекторные, гиполипидемические, антидиабетические, гипохолестеринемические и противовоспалительные свойства [15, 12, 7].

Чеснок и его составляющие защищают ткани от окислительного повреждения и улучшают функции органов на различных животных моделях. У самцов крыс Wistar введение экстракта чеснока против гидротартрата никотина в течение 21 дня увеличивало уровни глутатиона и снижало уровни малонового диальдегида в аорте, сердце, почках и тканях мочевого пузыря. Введение водного экстракта чеснока

защищает ткани от окислительного повреждения, вызванного никотином, и улучшает функцию почек. Точно так же пероральное введение чесночного масла крысам, отравленным тетрахлорметаном, значительно снижает липидный профиль тканей, уровни перекисного окисления липидов, щелочную фосфатазу, сывороточные трансаминазы и защищает печень от повреждения четыреххлористым углеродом так же эффективно, как и витамин Е.

DAS, DADS и DATS являются основными составляющими чеснока. Была изучена биологическая активность этих сульфидов на крысиной модели острого повреждения печени, вызванного четыреххлористым углеродом. Печеночные ферменты фазы II сильно индуцируются трисульфидом и слабо дисульфидом, но не индуцируются DAS. DATS значительно уменьшил повреждение печени, вызванное тетрахлорметаном. DATS может быть одним из важных факторов в чесночном масле, который защищает наш организм от повреждений, вызванных молекулами радикалов.

SAC, водорастворимое соединение чеснока, также обладает антиоксидантной активностью у экспериментальных животных. Эффект соединения, полученного из чеснока, и хорошо охарактеризованного поглотителя свободных радикалов, SAC, на нейротоксичность полосатого тела и окислительное повреждение, вызванное хинолиновой кислотой, изучалось на крысах. SAC также предотвращал снижение активности супероксиддисмутазы (SOD), продуцируемой хинолином, в полосатом теле. SAC уменьшает *in vivo* токсичность хинолината для полосатого тела по механизму, связанному с его способностью:

- улавливать свободные радикалы;
- снижать окислительный стресс;
- сохранять активность Cu / Zn-SOD.

Выдержанный экстракт чеснока, благодаря его способности поглощать окислители, увеличивает уровни СОД, каталазы, глутатионпероксидазы и глутатиона, а также ингибирует перекисное окисление липидов и воспалительные простагландины при сердечно-сосудистых заболеваниях и деменции [16].

#### 4. ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ЧЕСНОКА

Было показано, что чеснок оказывает сильное противовоспалительное действие, уменьшая воспалительные биомаркеры при терминальной стадии почечной недостаточности у взрослых пациентов. Добавление в пищу биологически активных добавок на основе чеснока вызывало значительное снижение воспалительных цитокинов, таких как IL-6 и С-реактивный белок (СРБ) и скорость оседания эритроцитов. Кроме того, добавление чеснока, включая AGE, чесночный порошок и чесночную капсулу, снижает сывороточные концентрации ФНО-α и СРБ.

Иммунные клетки отвечают за противовоспалительный эффект. Выдержанный чеснок содержит различные соединения, которые могут модулировать иммунный ответ, регулируя выработку цитокинов. Например, употребление добавок старого чеснока в дозе 2,56 г в день в течение 90 дней увеличивало активность иммунных клеток, таких как Т-клетки и естественные киллеры (NK), и уменьшало воспаление за счет снижения ФНО-α и IL-6 у взрослых с ожирением. Кроме того, в

рандомизированном двойном слепом плацебо-контролируемом клиническом исследовании была обнаружена отрицательная корреляция между сероорганическими соединениями AGE и воспалением, вызванным ожирением.

Было показано, что биологически активная добавка к пище чеснока в дозе 1000 мг в день эффективна для облегчения симптомов у женщин с избыточным весом или ожирением с остеоартритом коленного сустава после 12 недель приема. Более того, прием таблеток чеснока по 500 мг два раза в день в течение 12 недель показал противовоспалительный и обезболивающий эффект за счет снижения сывороточного резистина и концентрации ФНО- $\alpha$  и тяжести боли у женщин с ожирением или избыточным весом с ОА коленного сустава [17].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, обзор результатов исследований компонентного состава и биологической активности *Allium sativum* показал, что на экспериментальных моделях заболеваний у животных, а также в клинических исследованиях *Allium sativum* и его активные вещества проявили антиоксидантный, противовоспалительный и ряд других эффектов.

Аллицин, аллин, эфирные масла, серосодержащие соединения (сульфиды, дисульфиды, трисульфиды) и другие компоненты *Allium sativum* являются перспективными биологически активными веществами для лечения широкого спектра заболеваний – в первую очередь воспалительных. Высокая противовоспалительная активность компонентов *Allium sativum* доказана как в условиях *in vitro*, так и *in vivo*. Эти данные дают основу для обоснования проведения дальнейших исследований, а также указывают на важность и актуальность изучения мишеней и механизмов действия биологически активных веществ *Allium sativum* при различных заболеваниях.

### Список литературы

1. Киселева Т. Л. Лук и чеснок в фитотерапии и гомеопатии. Публикация 1: применение в традиционной медицине / Т. Л. Киселева, А. В. Нефедова // Традиционная медицина. – 2004. – Т. 1, № 2. – С. 23–33.
2. Adaki S. Garlic: Review of literature / S. Adaki, R. Adaki, K. Shah [et al.] // Indian J Cancer. – 2014. – Vol. 51, No 4. – P. 577–581.
3. Amagase H. Intake of garlic and its bioactive components / H. Amagase, B. L. Petesch, H. Matsuura [et al.] // J Nutr. – 2001. – Vol. 131, No 3s. – P. 955S–62S.
4. Choi I. S. Physicochemical and antioxidant properties of black garlic / I. S. Choi, H. S. Cha, Y. S. Lee // Molecules. – 2014. – Vol. 19, No 10. – P. 16811–16823.
5. Нефедова А. В. Лук и чеснок в фитотерапии и гомеопатии. Публикация 2: химический состав производящих растений и сырья / А. В. Нефедова, Т. Л. Киселева // Традиционная медицина. – 2004. – Т. 1, № 2. – С. 33–40.
6. Ryu J. H. Physicochemical properties, biological activity, health benefits, and general limitations of aged black garlic: a review / J. H. Ryu, D. Kang // Molecules. – 2017. – Vol. 22, No 6. – P. 919.
7. El-Saber Batiha G. Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (*Allium sativum* L.): a review / G. El-Saber Batiha, A. Magdy Beshbishy, L. G. Wasef [et al.] // Nutrients. – 2020. – Vol. 12, No 3. – P. 872.

8. Gogoi R. Comparative analysis of *in-vitro* biological activities of methyl eugenol rich *Cymbopogon khasianus* Hack., leaf essential oil with pure methyl eugenol compound / R. Gogoi, R. Loying, N. Sarma [et al.] // *Curr Pharm Biotechnol.* – 2020. – Vol. 21, No 10. – P. 927–938.
9. Higuchi O. Antioxidative activity of sulfur-containing compounds in *Allium* species for human low-density lipoprotein (LDL) oxidation *in vitro* / O. Higuchi, K. Tateshita, H. Nishimura // *J Agric Food Chem.* – 2003. – Vol. 51, No 24. – P. 7208–7214.
10. Islam A. U. S. Myrcene attenuates renal inflammation and oxidative stress in the adrenalectomized rat model / A. U. S. Islam, B. Hellman, F. Nyberg [et al.] // *Molecules.* – 2020. – Vol. 25, No 19. – P. 4492.
11. Bae S. E. Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment / S. E. Bae, S. Y. Cho, Y. D. Won [et al.] // *Lebenson Wiss Technol.* – 2014. – Vol. 55, No 1. – P. 397–402.
12. Choi D. J. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum*) / D. J. Choi, S. J. Lee, M. J. Kang [et al.] // *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* – 2008. – No 37. – P. 465–471.
13. Colín-González A. L. The antioxidant mechanisms underlying the aged garlic extract- and S-allylcysteine-induced protection / A. L. Colín-González, R. A. Santana, C. A. Silva-Islas [et al.] // *Oxid Med Cell Longev.* – 2012.
14. Locatelli D. A. Cooked garlic and antioxidant activity: Correlation with organosulfur compound composition / D. A. Locatelli, M. A. Nazareno, C. M. Fusari [et al.] // *Food Chem.* – 2017. – No 220. – P. 219–224.
15. Borek C. Antioxidant health effects of aged garlic extract / C. Borek // *J. Nutr.* – 2001. – No 131. – P. 1010S–1015S.
16. Rana S. V. Garlic in health and disease / S. V. Rana, R. Pal, K. Vaiphei [et al.] // *Nutr Res Rev.* – 2011. – Vol. 24, No. 1. – P. 60–71.
17. Ansary J. Potential health benefit of garlic based on human intervention studies: a brief overview / J. Ansary, T. Y. Forbes-Hernández, E. Gil [et al.] // *Antioxidants (Basel).* – 2020. – Vol. 9, No 7. – P. 619.

## ANTIOXIDANT AND ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY OF ALLIUM SATIVUM COMPONENTS

*Cherepanova M. O.<sup>1</sup>, Subotyalov M. A.<sup>1,2</sup>*

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

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

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

The frequency of the use of plant resources as therapeutic agents for various deviations in the state of health is increasing every year. Modern pharmaceutical preparations must be cost-effective, safe, effective and have a wide spectrum of action. Therefore, much attention is paid to the search and introduction of new sources of biologically active substances into pharmaceuticals. One of the perspective plants resources, with a rich set of biologically active substances with a high therapeutic potential, is *Allium sativum* (Garlic). Therefore, the purpose of this review is to analyze the components, biological activity and therapeutic potential of *Allium sativum*. In preparing this work, articles in publications included in PubMed, Elibrary (RSCI) were used. The depth of the search for publications was 15 years and a number of earlier works corresponding to the research topic were also included in the review. For the selection of publications, articles that meet the requirements of randomized clinical trials were selected. A review of the results of studies of the components and biological activity of



*Allium sativum* showed that in experimental models of diseases in animals, as well as in clinical studies, *Allium sativum* and its active substances showed antioxidant, anti-inflammatory and a number of other effects. Allicin, allin, essential oils, sulfur-containing compounds (sulfides, disulfides, trisulfides) and other components of *Allium sativum* are perspective biologically active substances for the treatment of a wide range of diseases, primarily inflammatory ones. The high anti-inflammatory activity of *Allium sativum* components has been proven both in vitro and in vivo. These data provide a basis for substantiating further research, and also indicate the importance and relevance of studying the targets and mechanisms of action of *Allium sativum* biologically active substances in various diseases.

**Keywords:** garlic, *Allium sativum*, antioxidant, pharmacognosy, anti-inflammatory activity.

### References

1. Kiseleva T. L., Nefedova A. V. Luk i chesnok v fitoterapii i gomeopatii. Publikacija 1: primenenie v tradicionnoj medicine [Onion and garlic in herbal medicine and homeopathy. Publication 1: application in traditional medicine], *Traditional medicine*, **1(2)**, 23 (2004) (in Russian).
2. Adaki S., Adaki R., Shah K. et al. Garlic: Review of literature, *Indian J Cancer*, **51(4)**, 577 (2014).
3. Amagase H., Petesch B. L., Matsuura H. et al. Intake of garlic and its bioactive components, *J Nutr*, **131(3s)**, 955S (2001).
4. Choi I. S., Cha H. S., Lee Y. S. Physicochemical and antioxidant properties of black garlic, *Molecules*, **19(10)**, 16811 (2014).
5. Nefedova A. V., Kiseleva T. L. Luk i chesnok v fitoterapii i gomeopatii. Publikacija 2: himicheskij sostav proizvodjashhih rastenij i syr'ja [Onion and garlic in herbal medicine and homeopathy. Publication 2: chemical composition of producing plants and raw materials], *Traditional medicine*, **1(2)**, 33 (2004) (in Russian).
6. Ryu J. H., Kang D. Physicochemical properties, biological activity, health benefits, and general limitations of aged black garlic: a review, *Molecules*, **22(6)**, 919 (2017).
7. El-Saber Batiha G., Magdy Beshbishy A., G Wasef L. et al. Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (*Allium sativum* L.): a review, *Nutrients*, **12(3)**, 872 (2020).
8. Gogoi R., Loying R., Sarma N. et al. Comparative analysis of *in-vitro* biological activities of methyl eugenol rich *Cymbopogon khasianus* Hack., leaf essential oil with pure methyl eugenol compound, *Curr Pharm Biotechnol*, **21(10)**, 927 (2020).
9. Higuchi O., Tateshita K., Nishimura H. Antioxidative activity of sulfur-containing compounds in *Allium* species for human low-density lipoprotein (LDL) oxidation in vitro, *J Agric Food Chem*, **51(24)**, 7208 (2003).
10. Islam A. U. S., Hellman B., Nyberg F. et al. Myrcene attenuates renal inflammation and oxidative stress in the adrenalectomized rat model, *Molecules*, **25(19)** (2020).
11. Bae S. E., Cho S. Y., Won Y. D. et al. Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment, *Lebenson Wiss Technol*, **55(1)**, (2014).
12. Choi D. J., Lee S. J., Kang M. J. et al. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum*), *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*, **37**, 465 (2008).
13. Colín-González A. L., Santana R. A., Silva-Islas C. A. et al. The antioxidant mechanisms underlying the aged garlic extract- and S-allylcysteine-induced protection, *Oxid Med Cell Longev* (2012).
14. Locatelli D. A., Nazareno M. A., Fusari C. M. et al. Cooked garlic and antioxidant activity: Correlation with organosulfur compound composition, *Food Chem*, **220**, 219 (2017).
15. Borek C. Antioxidant health effects of aged garlic extract, *J. Nutr.*, **131**, 1010S (2001).
16. Rana S.V., Pal R., Vaiphei K. et al. Garlic in health and disease, *Nutr Res Rev*, **24(1)**, 60 (2011).
17. Ansary J., Forbes-Hernández T. Y., Gil E. et al. Potential health benefit of garlic based on human intervention studies: a brief overview, *Antioxidants (Basel)*, **9(7)**, 619 (2020).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского  
Биология. Химия. Том 9 (75). 2023. № 1. С. 266–278.

**УДК 544.478-03**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-266-278**

## **КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА И РАСТИТЕЛЬНОЙ ПЕРОКСИДАЗЫ**

*Вяткина О. В., Партыка А. А., Веселова Е. А., Багуль М. Д., Кандагура Е. А.*

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)  
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,  
Россия  
E-mail: oksana\_yyatkina@list.ru*

В статье приведены результаты изучения влияния факторов таких как: компонентный состав, наличие и природа катализаторов; влияние электромагнитного излучения на скорость окисления фенола в водных растворах. В качестве катализаторов использовали экстракт пероксидазы корнеплодов редьки черной и фотоактивный ZnO. Изучение скорости окислительного и пероксидазного окисления фенола; механизмов каталитического действия ZnO и растительных пероксидаз под действием видимого света и УФ-излучения, в реакциях деструкции фенола показало наличие окислительного действия фермента, в процессе окисления фенола и фотоактивацию окислительной функции фермента под действием УФ. Установлено, что введение гетерогенного компонента ZnO почти не влияет на окислительную активность фермента в реакции окисления фенола под воздействием УФ. Обнаружили, что в присутствии H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> использование смешанного катализатора повышает интенсивность окисления фенола, по сравнению с индивидуальной пероксидазой редьки черной.

**Ключевые слова:** пероксидаза, оксид цинка, фенол, фотокатализ.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Фотокатализ является одним из важных методов очистки водных и газовых систем. Из большого количества фотокатализаторов можно выделить ZnO, который безопасен, имеет высокий квантовый выход процесса фотопреобразования и высокую поглощающую способность [1, 2]. Пероксидаза относится к гемсодержащим гликопротеидам, активность которой увеличивается под действием УФ-излучения. Активный центр пероксидазы представляет собой порфириноподобную структуру, а порфирины известны как фотосенсибилизаторы [3]. Улучшить фотоактивность оксида цинка можно при помощи допирования различными металлами и фотосенсибилизаторами, одним из них являются порфирины, поглощающие в видимой области спектра. Поэтому целью работы было изучение механизмов каталитического действия ZnO и растительных

пероксидаз, как перспективных компонентов для создания гибридных материалов с выраженными фотокаталитическими свойствами.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения скорости каталитических процессов в модельных системах в качестве катализаторов использовали: оксид цинка (ZnO), хч. ГОСТ 10262\_73 и экстракт пероксидазы корнеплодов редьки черной (ПРЧ), полученный по методике [4], где концентрацию фермента контролировали фотоклориметрически ( $\varepsilon_{400} = 9,6 \cdot 10^4$  л/(моль·см)).

Субстратами аналитами являлись: пероксид водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (производитель: «РОСБИО»), точную концентрацию которого устанавливали методом перманганатометрического титрования, и фенол (чда, производитель: «ВИТАХИМ»), для определения в исследуемых системах остаточных концентраций фенола использовали фотоклориметрический метод [5].

Источник УФ-излучения – УФ лампа бактерицидная ЛБК-150Б Праймед, с покрытием из оксида титана, диапазон 257–380 нм. При УФ излучении расстояние от лампы до поверхности исследуемого раствора составляло 9 см. с толщиной слоя раствора 6 см.

Изучение индивидуальной каталитической активности ZnO и ПРЧ и состоящих из них двухкомпонентных катализаторов проводили в системах, состав которых представлен в (табл. 1–2).

Таблица 1.

Состав модельных окислительных систем и условия проведения реакции разложения H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

№	Состав систем		Условия		
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 2·10 <sup>-2</sup> (моль/л)	Пероксидаза	Без света	Видимый свет	УФ
I	+	–	+ (10 мин.)	+ (10 мин.)	+ (5,10,30 мин.)
II	+	+	+ (10 мин.)	+(5,10,30 мин.)	+ (5,10,30 мин.)

Таблица 2.

Состав модельных окислительных систем и условия проведения реакции окисления фенола (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH).

№	Состав систем				Условия	
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH 1·10 <sup>-4</sup> (моль/л)	ZnO 0,5 (г)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 2·10 <sup>-2</sup> (моль/л)	Пероксидаза ПРЧ	Видимый свет	УФ
III	+	–	–	+	+(5,10,30 мин.)	+(5,10,30 мин.)
IV	+	–	+	+	+(5,10,30 мин.)	+(5,10,30 мин.)
V	+	+	+	–	-	+(5,10,30 мин.)
VI	+	+	–	+	-	+(5,10,30 мин.)
VII	+	+	+	+	+(5,10,30 мин.)	+(5,10,30 мин.)

Эксперимент в каждой из систем проводили от 5 до 10 повтроностей в нескольких выборках, которые затем проверялись на однородность, наличие грубых промахов, после чего выборки при возможности объединяли, для повышения точности определения. Для результатов экспериментов, полученных в отличающихся условиях, проводили модифицированный тест Стьюдента, для доказательства значимости их различий [6].

Для оценивания интенсивности процесса окисления  $C_6H_5OH$  вычисляли эффективную (кажущуюся) степень превращения по следующей формуле:

$$\alpha (\%) = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% , \quad (1)$$

где:  $C_0$  (моль/л) – начальная концентрация  $H_2O_2$ ;  $C_t$  (моль/л) – концентрация  $H_2O_2$  к моменту времени  $t$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Контроль содержания пероксида водорода в водном растворе в темноте и под действием видимого света (система I), показал устойчивость  $H_2O_2$  в условиях эксперимента (рис. 1).

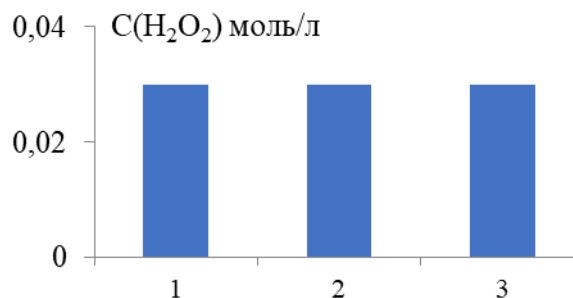


Рис. 1. Изменение концентрации  $H_2O_2$  в водном растворе (система I) под воздействием видимого света (2) и в темноте (3), время экспозиции  $\tau=10$  мин.

1 –  $C_0$ , начальная концентрация пероксида водорода (система I); 2 –  $C_t$ , концентрация пероксида водорода после 10 минут воздействия видимого света; 3 –  $C_t$ , концентрация пероксида водорода после 10 минут экспозиции в темноте.

При воздействии на ту же (систему I) УФ-излучения обнаружили достоверно доказанные колебания концентрации реагента в зависимости от времени экспозиции (рис. 2), что не противоречит радикальному цепному механизму реакции разложения пероксида водорода под воздействием УФ [7].

Так в течение первых 5 минут экспозиции системы концентрация пероксида водорода понизилась на 33,3 %, после чего под воздействием УФ-излучения происходит формирование новых частиц – восстановителей, вступающих в индикаторную реакцию с перманганатом калия в кислой среде. Механизм фотолиза пероксида водорода в водной среде описан рядом авторов [7–9].

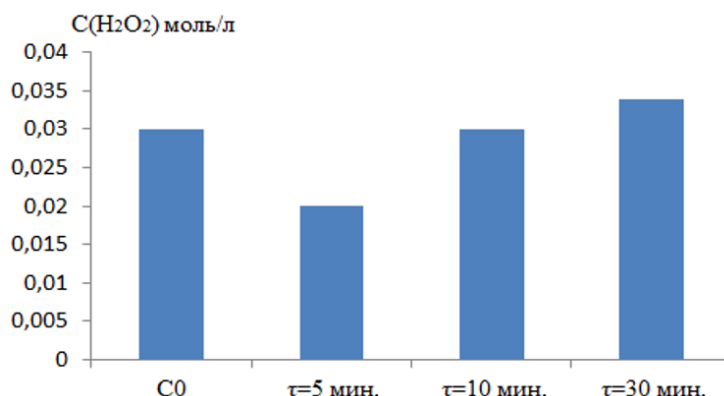


Рис. 2. Изменение концентрации  $\text{H}_2\text{O}_2$  в водном растворе (система I) в зависимости от времени воздействия УФ-излучения.  $C_0$  – начальная концентрация пероксида водорода (система I).

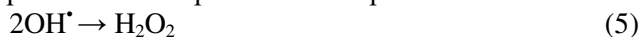
Несмотря на сложность и многовариантность протекания процесса разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  под действием УФ-излучения, однозначным продуктом, генерируемым в системе, является сильнейший окислитель  $\text{OH}^\bullet$  [9].



Вода, используемая в системах в качестве растворителя, так же подвергается фотолизу, по механизмам показанным в виде (3), (4).



Высокая концентрация гидроксильных радикалов в системе провоцирует их рекомбинацию по схеме (5) [10], в результате чего в системе в течение какого-то времени наблюдается увеличение эффективной концентрации пероксида водорода, что мы и фиксировали методом перманганатометрического титрования.



Наш эксперимент достоверно подтвердил увеличение концентрации пероксида водорода на 70 % во временном интервале экспозиции системы под УФ от 5 до 30 минут. Следует обратить внимание, что с течением времени при изменении или без изменения условий проведения эксперимента механизм разветвленных радикальных процессов может меняться. Для таких процессов характерен колебательный характер [11, 12].

Пероксидазы могут либо связывать кислород (как гемоглобин), либо активировать его (как цитохром-С), или же расщеплять пероксид водорода по радикальному механизму. В отсутствие органических субстратов восстановителей возможна реализация как рекомбинации  $\text{OH}^\bullet$ , в пероксиде водорода (реакция 5), так и каталазная функция с выделением молекулярного кислорода (реакции 6, 7, 8).



Результаты изучения скорости разложения  $H_2O_2$  в (Системе II), содержащей пероксидазу представлены на (рис. 3). В представленной диаграмме видно, что нет существенной разницы при воздействии видимого света или ультрафиолета на активность пероксидазы. Причем 90 % пероксида водорода разлагается в течении 5 минут экспозиции, а через 30 минут под воздействием видимого света и УФ-излучения степень превращения повышается до 93 %.

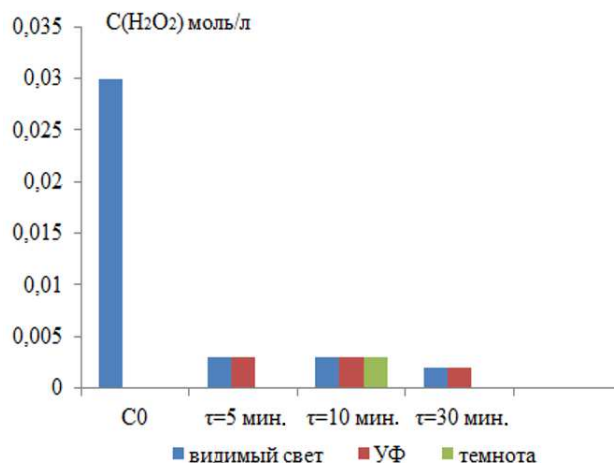
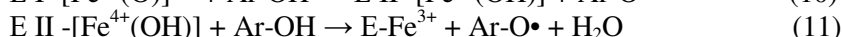
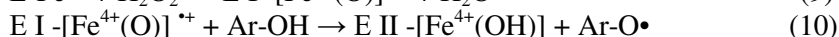
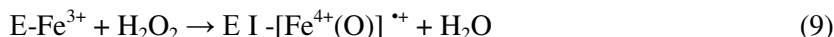


Рис. 3. Изменение концентрации  $H_2O_2$  в системе № II в зависимости от времени воздействия видимого света, УФ-излучения и в темноте.  $C_0$  – начальная концентрация пероксида водорода (система II).

В дальнейших исследованиях в качестве индикаторной реакции для изучения активности различных катализаторов мы использовали окисление фенола пероксидом водорода. Ранее нами было установлено, что индикаторная реакция для количественного определения фенола [13] возможна в окислительных системах, где остаточная концентрация пероксида водорода не превышает  $5 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Пероксид водорода в больших концентрациях окисляет непосредственно сам аналитический реагент 4-аминоантипирин, что приводит к отсутствию аналитического сигнала о наличии фенола в системе. Следовательно, в отличие от ферментсодержащих систем. Мы не могли использовать (Систему I) для изучения кинетики окисления фенола. Кроме того, ранее проведенные исследования, представленные в работе [14]. Показали, что такое понижение рабочей концентрации пероксида водорода возможно в системах с ZnO под воздействием УФ облучения, где степень разложения пероксида водорода в сантимолярных растворах достигает 80 %.

Механизм фотоактивности электронного полупроводника оксида цинка, заключается в увеличении проводимости при освещении за счет оптической ионизации, в результате которой образуется ряд активных форм кислорода ( $O_2^-$ ,  $\bullet OH$ ) [15]. Пероксидазное окисление фенола подобно фотокаталитическому реализуется посредством свободнорадикального механизма, где на первой стадии реакции происходит с образованием феноксильных радикалов (9)–(11):



Образующиеся феноксильные радикалы могут далее вступать в различные неферментативные реакции, наиболее характерными из них являются реакции окислительного сочетания [16]. Крайней стадией процесса является фотокаталитическая минерализация фенола. Промежуточными продуктами этой многостадийной реакции являются бензохинон, гидрохинон, резорцин, муравьиная, щавелевая, малеиновая и фумаровая кислоты и ряд других соединений [17]. Наличие выше указанных продуктов радикального окисления фенола было нами ранее подтверждено хроматографически. Причем состав продуктов зависит от времени экспозиции окислительных систем. Как правило, в начальный момент времени в системе присутствуют только те соединения, максимум поглощения которых лежит в ультрафиолетовом диапазоне. Появление окраски в системе с течением времени свидетельствует о накоплении продуктов окисления – хинонов, максимумы поглощения которых лежат в области 400–500 нм. Следует отметить, что образование хинонов приводит к окрашиванию системы в красный цвет, как в индивидуальном состоянии, так и в виде хинониминового красителя [18], обуславливающего аналитический сигнал в основной индикаторной реакции количественного определения фенола.

Продукты конденсации феноксильных радикалов вызывают потемнение раствора и образованию коллоида, что приводит к увеличению оптической плотности окислительных систем. Степень деградации фенола определяется актуальными условиями и Red/Ox потенциалом систем.

В системе III, содержащей фенол и пероксидазу изучали кинетику оксидазного окисления фенола под действием видимого света и УФ-излучения (рис. 4).

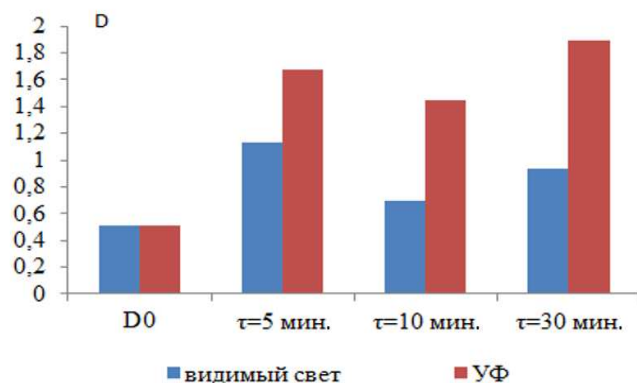


Рис. 4. Динамика изменения оптической плотности при проведении индикаторной реакции в системе III.

Индикаторная реакция показывала увеличение эффективной концентрации фенола в обеих системах уже через 5 мин экспозиции. Это связано с увеличением

аналитического сигнала вследствие реализации этапов окисления фенола, на которых образуются окрашенные продукты, либо поглощающие свет в том же диапазоне соединения, что и аналитический реагент, либо вещества способные к образованию окрашенных соединений с 4-аминоантипирином. На (рис. 4) показаны колебания оптической плотности в индикаторных системах, что вполне коррелирует с возможными механизмами радикального окисления фенолов, на различных этапах которого образуются поочередно окрашенные и неокрашенные соединения (рис. 5).

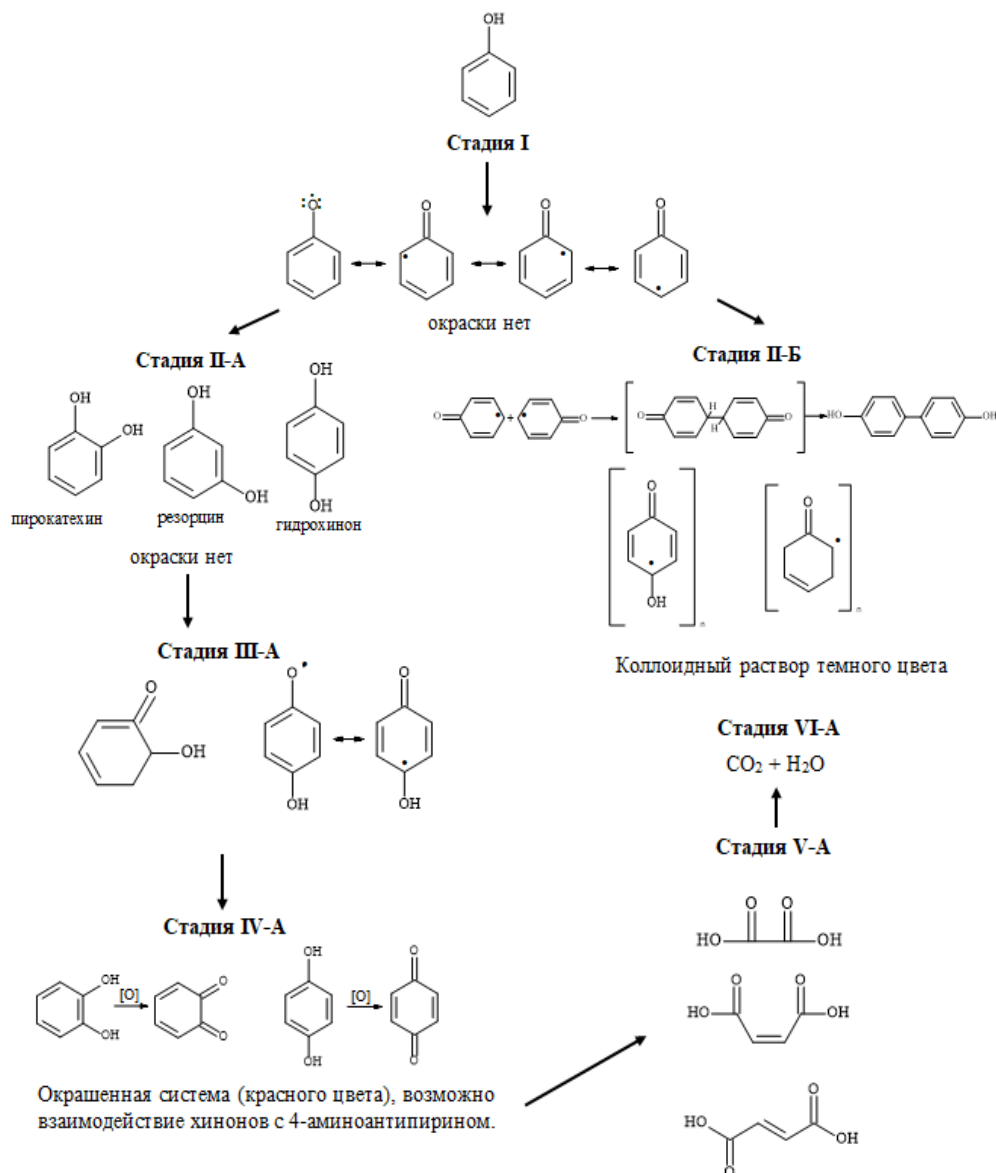


Рис. 5. Стадии радикального окисления фенола.



Очевидно, что критерием глубокой деградации фенола будет окисление промежуточных соединений, содержащих хромофорные группы до обесцвечивания вплоть до полной минерализации, что будет отражаться в уменьшении интенсивности аналитического сигнала в реакции с 4-аминоантипирином. Таким образом, флуктуация оптической плотности в индикаторных системах показала наличие окислительного действия фермента в процессе окисления фенола в водном растворе и фотоактивацию фермента под действием УФ-излучения.

В системе IV изучали пероксидазное окисление фенола, дополнительно вводя в раствор фенола и пероксидазы пероксид водорода, что привело к понижению концентрации фенола ниже порога определения уже в течение первых 5 минут эксперимента (рис. 6).

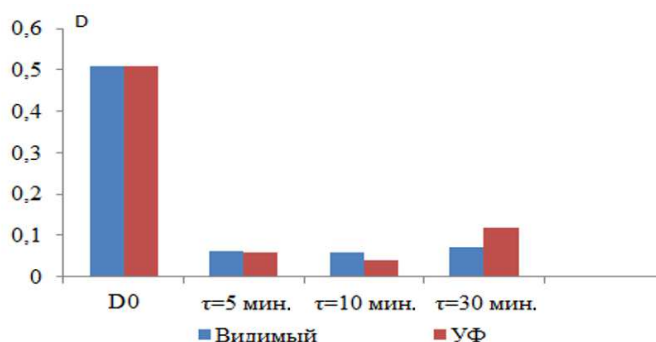


Рис. 6. Динамика изменения оптической плотности при проведении индикаторной реакции в системе IV.

Так как мы предварительно установили опытным путем, что при таком времени экспозиции остаточная концентрация пероксида водорода не приводит к окислению 4-аминоантипирина (Система II), то очевидно можно констатировать реализацию пути А, представленного на схеме окисления (рис. 5) до стадии (V), где не образуется окрашенных соединений и соединений способных образовывать хинониминовый краситель с аналитическим реагентом.

При длительных временах экспозиции увеличивается вероятность образования олигомерных продуктов конденсации (стадия II-Б), придающих раствору темную окраску и имеющих размеры, сравнимые с коллоидальными, что приводит к некоторому увеличению оптической плотности в аналитической системе. Причем большая интенсивность этого процесса наблюдается под действием УФ-излучения.

Фотокаталитическую активность ZnO в реакции окисления фенола пероксидом водорода изучали в системе V только под действием УФ-излучения, где остаточная концентрация  $H_2O_2$  не мешала протеканию реакции с 4-аминоантипирином. Индикаторная реакция показала, что за первые 5 минут прореагировало до стадии (V) 92 % фенола, а в течении следующих 5 минут степень превращения аналита повысилась до 99 % (рис. 7) при длительности экспозиции (30 минут), мы наблюдали увеличение оптической плотности реакционной системы, а следовательно, снижение степени превращения до 82 %.

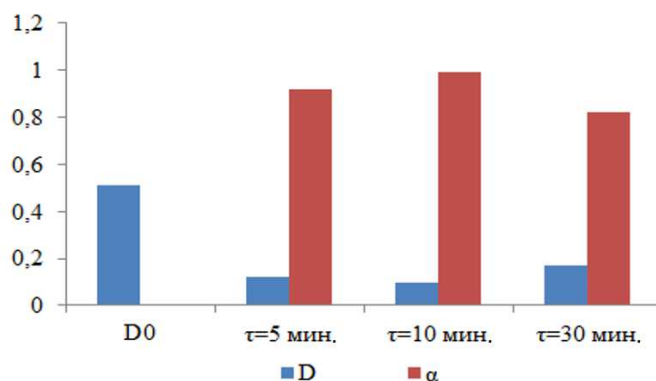


Рис. 7. Динамика изменения оптической плотности при проведении индикаторной реакции и эффективной степени превращения фенола в системе (V) под действием УФ-излучения.

Изменения пути реакции, по-видимому, связано со значительным уменьшением концентрации  $H_2O_2$  в окислительных системах за 30 минут, что провоцирует доминирование процессов конденсации продуктов окисления фенола над окислительной деструкцией.

Фотокаталитическую оксидазную активность смешанного катализатора ( $ZnO+ПРЧ$ ) в реакции окисления фенола изучали в системе VI только под действием УФ-излучения (рис. 8).

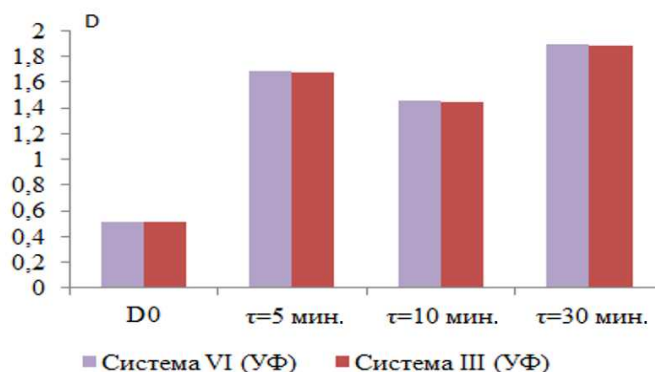


Рис. 8. Динамика изменения оптической плотности при проведении индикаторной реакции в системах (III и VI) после воздействия УФ.

Было установлено, что введение гетерогенной компоненты  $ZnO$  практически не оказывает влияния на оксидазную активность в системе VI по сравнению с системой III. В обеих системах повышение аналитического сигнала индикаторной реакции связано с неглубокими степенями протекания реакции (до стадии образования окрашенных продуктов (IV-A)).

Фотокаталитическую пероксидазную активность смешанного катализатора (ZnO+ПРЧ) в реакции окисления фенола пероксидом водорода изучали в системе VII, как на видимом свете, так и под действием УФ-излучения. Аналитический сигнал в индикаторных реакциях при действии на систему (VII) видимого света соответствовал рабочему диапазону определения концентраций фенола. Это нам позволило рассчитать эффективные остаточные концентрации аналита и степень его превращения, которая в пределах погрешности была практически неизменна в течение 30 минут эксперимента и в среднем составила 66 % (рис. 9).

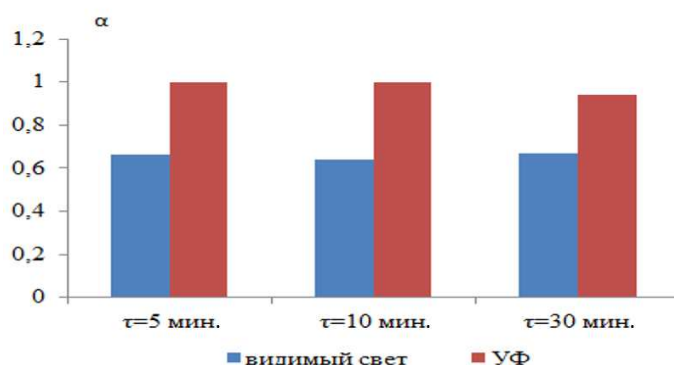


Рис. 9. Зависимость степени превращения фенола в системе (VII) от времени экспозиции.

Интересно заметить, что в системах, где изучали пероксидазное окисление фенола под действием видимого света (системы IV, VII), степень превращения фенола не зависела от времени экспозиции, но определялась видом используемого катализатора. Учитывая сложность и вариативность химизма радикального окисления фенола (рис. 5) охарактеризовать эффективность катализаторов в указанных условиях с позиции «БОЛЬШЕ/МЕНЬШЕ», опираясь только на значения кажущихся степеней превращения мы не можем, так как более глубокие стадии окисления фенола характеризуются дополнительным окрашиванием системы, что снижает значение эффективной степени превращения. Однако, сопоставляя динамику увеличения оптической плотности в системах (IV, VII) с интенсификацией процесса газовой выделению в системе с ZnO, учитывая, что внесение в систему гетерогенной компоненты – сорбента должно приводить к уменьшению концентрации фенольных веществ в системе, что привело бы к ослаблению аналитического сигнала, мы можем предположить, что использование смешанного катализатора (ZnO+ПРЧ) повышает интенсивность окисления фенола по сравнению с индивидуально пероксидазой и мы наблюдаем в системе синергетическое действие двух каталитических компонентов системы.

Увеличение же степеней превращения в системе VII под воздействием УФ излучения по сравнению с видимым светом позволяет, благодаря одинаковому исходному составу систем, говорить об интенсификации процесса окисления

фенола. Было отмечено, что при облучении системы более чем 15 минут, начинается изменение цвета (потемнение), что свидетельствует о протекании процессов конденсации продуктов окисления фенола при низких остаточных концентрациях перекиси водорода. (Понижение концентрации  $H_2O_2$  в системах с пероксидазой показано на (рис. 3, Система II.)). Что, свидетельствует о большей глубине протекания процесса. Таким образом можно говорить о фотоактивации процесса в системе VII.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Доказано оксидазное действие фермента (ПРЧ) в процессе окисления фенола в водном растворе и фотоактивация оксидазной функции фермента под действием УФ-излучения.
2. Установлено, что введение гетерогенного компонента ZnO практически не оказывает влияния на оксидазную активность (ПРЧ) в реакции окисления фенола под воздействием УФ-излучения.
3. В присутствии пероксида водорода использование смешанного катализатора (ZnO+ПРЧ) повышает интенсивность окисления фенола по сравнению с индивидуальной пероксидазой, то есть в пероксидазном окислении наблюдается синергетическое действие фермента и фотокатализатора.

#### **Список литературы**

1. Юхновец О. И. Фотокаталитическая активность гетероструктур на основе оксида цинка / О. И. Юхновец // XV Международная научно-практическая конференция имени профессора Л. П. Кулева. – Томск: ТПУ, 2018. – С. 164–165.
2. Zinc oxide: from fundamental properties towards novel applications / C. F. Klingshirn, A. Waag [et al.] // Springer Science & Business Media. – 2010. – 300 p.
3. Газарян И. Г. Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений / И. Г. Газарян, Д. М. Хушпульян, В. И. Тишков // Успехи биологической химии. – 2006. – Т.46. – С. 303–322.
4. Селибер Г. Л. Большой практикум по микробиологии. / Селибер Г. Л. – М.: Мир, 1962. – 492 с.
5. Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. – С. 275–276.
6. Чарыков А. К. Математическая обработка результатов химического анализа. Методы обнаружения и оценки ошибок / А. К. Чарыков. – Л.: Химия, 1984. – 168 с.
7. Song, Y. Theoretical study of the homolytic photolysis of hydrogen peroxide at the state-of-the-art level / Y. Song, C. Cui, Y. Liu // Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. – China. – 2015. – P. 68–71.
8. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment / R. Hirsch, T. Ternes, K. Haberer [et al.] // Pub. Med. – Vol. 225. – P. 109–118.
9. UV/ $H_2O_2$  treatment of Rhodamine B in aqueous solution: influence of operational parameters and kinetic modeling / N. Daneshvar, M. Behnajady, M. Khayyat Ali Mohammadi [et al.] // MDPI. – Vol. 230. – P. 16–26.
10. Photodegradation of ceftriaxone in aqueous solution by using UVC and UVC/ $H_2O_2$  oxidation processes / K. Hassan, T. Maryam, A. Ali Ahmad [et al.] // Applied Water Science. – 2019. – Vol. 9. – P. 8.
11. Вяткина О. В. Окислительно-восстановительные процессы в природной воде / О. В. Вяткина, А. И. Стрижевский, Е. Д. Першина // Вісник Харківського національного університету. – 2005. – Вип. 12(35), № 648. – С. 108–111

12. Першина Е. Д. Автоколебательные химические реакции в модельной системе  $H_2O_2$ - $MnO_4$ / Е. Д. Першина, И. В. Алексахин, О. В. Вяткина, А. И. Стрижевский // Тези доповідей Міжнародного симпозиуму «Сучасні проблеми фізичної хімії». – Донецьк. – 2002. – С. 20–23.
13. Верхогляд Г. А. Сравнительный анализ спектров фотолюминисценции ряда органических соединений: вып. раб. бак. : 16.03.01 / Верхогляд Геннадий Александрович. – Санкт-Петербург, 2017. – 13 с.
14. Измайлова С. Р. Фотокаталитическая активность  $ZnO$  в системах  $C_6H_5OH - H_2O_2 - H_2O$  / С. Р. Измайлова, М. Д. Изнаирова, Е. А. Багуль, О. В. Вяткина // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Перспективные технологии и материалы» (Севастополь, 14–16 октября 2020 г): материалы научно-практической конференции. – 2020. – С. 215–219.
15. Улесова Д. А. Разработка способа фотокаталитического разложения органических поллютантов с использованием наноразмерных частиц оксида цинка. / Улесова Д. А. – Тольятти, 2018. – 106 с.
16. Daneshvar N. Photooxidative degradation of 4-nitrophenol (4-NP) in UV/ $H_2O_2$  process: influence of operational parameters and reaction mechanism. / Daneshvar N. – 2017. – 139 (2). – P. 275–279.
17. Нанопотокатализ / А. И. Крюков [и др.]. – Киев : Академперіодика, 2013. – 618 с.
18. Осянин В. А. Окисление / В. А. Осянин, Ю. Н. Климошкин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2014. – 90 с.

## CATALYTIC ACTIVITY OF TWO-COMPONENT SYSTEMS BASED ON ZINC OXIDE AND PLANT PEROXIDASE

*Vyatkina O. V., Partyka A. A., Veselova E. A., Bagul M. D., Kandagura E. A.*

*Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy (structural subdivision) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky", Simferopol, Russia  
E-mail: oksana\_vyatkina@list.ru*

The article presents the results of a phased study of the influence of various factors: the component composition, the presence and nature of catalysts, the effects of electromagnetic radiation (EMR) in the visible and UV ranges on the rate of phenol oxidation in aqueous solutions. To differentiate the influence of each of the indicated factors, studies were carried out in a number of systems that differ from the rest by one or more parameters. Black radish root peroxidase extract (BRP) and photoactive  $ZnO$  were used as catalysts. The rate of oxidase and peroxidase oxidation of phenol was studied. Thus, an increase in the concentration of active oxidizing agents was reliably established when an aqueous solution of hydrogen peroxide was exposed to UV radiation for 30 minutes in the absence of a catalyst. It was determined that hydrogen peroxide in high concentrations directly oxidizes the analytical reagent 4-aminoantipyrine itself, which leads to the absence of an analytical signal about the presence of phenol in the system, and therefore it was impossible to study the rate of phenol oxidation by hydrogen peroxide in non-catalytic systems. The study of the mechanisms of the catalytic action of  $ZnO$  and plant peroxidases under the action of visible light and UV radiation in the reactions of oxidative degradation of  $C_6H_5OH$  showed the presence of the oxidase action of the enzyme (BRP) in the process of phenol oxidation in aqueous solution and the photoactivation of the oxidase function of the enzyme under the action of UV radiation. The dominance of the processes of condensation of the products of

peroxidase oxidation of phenol over oxidative mineralization was stated at an exposure time under UV of 30 min. It was found that the introduction of a heterogeneous ZnO component has practically no effect on the oxidase activity (BRP) in the reaction of phenol oxidation under UV exposure. Synergistic photoactivation of the oxidase function of the catalyst does not occur. It was found that in the presence of hydrogen peroxide, the use of a mixed catalyst (ZnO + BRP) increased the intensity of phenol oxidation compared to peroxidase alone; in the corresponding system, a synergistic effect of the enzyme and photocatalyst was observed.

**Keywords:** peroxidase, zinc oxide, phenol, photocatalysis.

### References

1. Yukhnovets O. I., Photocatalytic activity of heterostructures based on zinc oxide, *XV International Scientific and Practical Conference named after Professor L. P. Kulev* (TPU, Tomsk, 2018), p. 164. (in Russ.).
2. Klingshirn C. F., Waag A. [et al.], *Zinc oxide: from fundamental properties towards novel applications*, 300 p. (Springer Science & Business Media, 2010).
3. Gazaryan I. G., Khushpulyan D. M., Tishkov V. I., Features of the structure and mechanism of action of plant peroxidases, *Successes of biological chemistry*, **46**, 303 (2006). (in Russ.).
4. Seliber G. L., *A large workshop on microbiology*, 492 p. (Mir, Moscow, 1962). (in Russ.).
5. Lurie Yu. Yu and Rybnikova A. I., *Chemical analysis of industrial wastewater*, 335 p. (Chemistry, Moscow, 1974). (in Russ.).
6. Charykov A. K., *Mathematical processing of chemical analysis results. Methods of error detection and evaluation*, 168 p. (Chemistry, Leningrad, 1984). (in Russ.).
7. Song Y., Cui C., Liu Y., Theoretical study of the homolytic photolysis of hydrogen peroxide at the state-of-the-art level, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **317**, 68 (2015).
8. Hirsch R., Ternes T., Haberer K. [et al.], Occurrence of antibiotics in the aquatic environment, *Science of The Total Environment*, **225**, 109 (1999).
9. Daneshvar N., Behnajady M., Khayyat Ali Mohammadi M. [et al.], UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment of Rhodamine B in aqueous solution: influence of operational parameters and kinetic modeling, *Desalination*, **230**, 16 (2008).
10. Hassan K., Maryam T., Ali Ahmad A. [et al.], Photodegradation of ceftriaxone in aqueous solution by using UVC and UVC/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidation processes, *Applied Water Science*, **9**, 8 (2019).
11. Vyatkina O. V., Strizhevsky A. I., Pershina E. D., Redox processes in natural water, *Bulletin of Kharkiv National University*, **12 (35)**, 108 (2005). (in Russ.).
12. Pershina E. D., Self-oscillating chemical reactions in the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> KMnO<sub>4</sub> model system, *Abstracts of the International Symposium "Modern problems of Physical Chemistry"*, edited by Pershina E.D., Aleksashkin I. V., Vyatkina O. V., Strizhevsky A. I. (Donetsk, 2002), p. 20. (in Russ.).
13. Verkhoglyadov G. A. Comparative analysis of photoluminescence spectra of a number of organic compounds. *Bachelor's thesis*. Saint-Petersburg, 2017, 13 p. (in Russ.).
14. Izmailova S. R., Photocatalytic activity of ZnO in C<sub>6</sub>N<sub>5</sub>ON-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O systems, *All-Russian scientific and practical conference with international participation "Promising technologies and materials"* materials of the scientific and practical conference, edited by Izmailova C.R., Iznirova M.D., Bagul E. A., Vyatkina O. V. (Sevastopol State University, Sevastopol, 2020), p. 215. (in Russ.).
15. Ulesova D. A., *Development of a method for photocatalytic decomposition of organic pollutants using nanoscale zinc oxide particles*, 106 p. (Mast. Diss., Togliatti, 2018). (in Russ.).
16. Daneshvar N., Photooxidative degradation of 4-nitrophenol (4-NP) in UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process: influence of operational parameters and reaction mechanism, *Journal of Hazardous Materials*, **139 (2)**, 275 (2017).
17. Kryukov A. I. [et al.], *Nanophotocatalysis*, 618 p. (Akademperiodika, Kiev, 2013). (in Russ.).
18. Osyanin V. A., Klimochkin Yu. N., *Oxidation*, 90 p. (Samara State Technical University. un-t, Samara, 2014). (in Russ.).

**УДК 666.913.2**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-279-284**

## **ВЛИЯНИЕ ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА**

*Гришкова В. И.<sup>1</sup>, Чистотин Д. И.<sup>1</sup>, Яковишин Л. А.<sup>2</sup>, Корж Е. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)  
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,  
Россия*

<sup>2</sup>*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия  
E-mail: vladgri@ukr.net*

Изучена концентрационная зависимость ингибирующего действия рацемической яблочной кислоты на процесс отверждения гипса. Проведено сравнение активности яблочной кислоты с ранее исследованной нами лимонной кислотой, которая широко используется в качестве замедлителя в промышленно выпускаемых гипсовых составах. Показано, что оптимальный диапазон концентраций рабочих растворов яблочной кислоты составляет 0,00165–0,0125 М (0,02–0,17 %) без потери механической прочности отливок, но ингибирующее действие яблочной кислоты в 1,5–2 раза слабее лимонной кислоты.

**Ключевые слова:** вяжущие материалы, гипс, яблочная кислота, лимонная кислота.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ранее уже сообщалось о практическом использовании яблочной кислоты в качестве добавки к гипсу, регулирующей скорость его отверждения [1]. В этом направлении был проведен и ряд научных исследований. Так, в работе [2] с использованием методов изотермической кондуктивной калориметрии и сканирующей электронной микроскопии изучалось влияние яблочной и лимонной кислот на процесс отверждения гипса. Авторами было установлено, что введение кислот коренным образом изменяет механизм реакции гидратации полуводного гипса и морфологию образующихся кристаллов гипса. Кислоты действовали как замедлители схватывания и как модификаторы микроструктуры, образуя компактные кристаллы с более высокой прочностью.

В работе [3] детально исследовано влияние яблочной и лимонной кислот на кристаллизацию гипса совместным использованием методов акустической эмиссии и электропроводности. В этой работе показано наличие поверхностной адсорбции этих карбоновых кислот на твердых поверхностях кристаллов гипса, что, по мнению авторов, и обеспечивает ингибирующее действие.

В настоящей работе исследовано влияние яблочной кислоты на процесс отверждения гипса. Хотя ранее мы и сообщали предварительные данные об использовании яблочной кислоты для замедления схватывания гипсовой массы [4], однако систематического исследования этого процесса и сравнение эффективности действия яблочной кислоты с лимонной не проводилось. Поэтому целью

исследования явилось изучение концентрационной зависимости ингибирующего действия яблочной кислоты на процесс отверждения гипса и сравнение активности яблочной кислоты с ранее изученной нами лимонной кислотой [4] в широком диапазоне концентраций.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использовались вещества: строительный гипс марки Г5, рацемическая яблочная кислота ( $C_4H_6O_5$ ,  $M=134,1$  г/моль) и лимонная кислота ( $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ,  $M=210,1$  г/моль). В ходе работы использовали исходные 0,05 М растворы кислот. Путем последовательного разбавления дистиллированной водой были получены растворы следующих молярностей: 0,025; 0,0125; 0,0062; 0,0031; 0,0016; 0,0008; 0,0004 и 0,0002 М.

Для приготовления исходного 0,05 М раствора яблочной кислоты к 0,067 г кислоты добавляли 10 мл дистиллированной воды и перемешивали до полного растворения. Для приготовления исходного 0,05 М раствора лимонной кислоты к 0,105 г кислоты добавляли 10 мл дистиллированной воды и перемешивали до полного растворения. Растворы других концентраций получены последовательным разбавлением исходных растворов в два раза дистиллированной водой.

Для получения отвержденных гипсовых образцов брали навески гипса по 2,0 г к которым добавляли по 1,3 мл исследуемых растворов каждой из кислот в разных концентрациях. Смесь интенсивно перемешивали в ступке с помощью пестика в течение 10 с. Получившуюся гипсовую массу переносили на подложку и фиксировали время начала и окончания отверждения образца. Момент помутнения глянцевого покрытия гипсовой смеси отмечали как начало процесса отверждения. Время окончательного отверждения определялось в момент, когда образец перестает деформироваться при надавливании стеклянной палочкой.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Изучение ингибирующего действия рацемической яблочной кислоты проводилось по описанной нами ранее методике [4], заключающейся в быстром замешивании гипса с водой или растворами исследуемого модификатора с убывающей концентрацией (в весовой пропорции гипс/раствор – 1/0,65). Время начала процесса схватывания определялось по исчезновению глянцевого блеска исходной гипсовой массы, а время окончания отверждения как момент потери пластичности при надавливании на гипсовую массу твердым (металлическим или стеклянным) предметом.

Исследовался диапазон молярных концентраций водных растворов рацемической яблочной кислоты от 0,05 М до 0,0002 М. В том же диапазоне концентраций для сравнения ингибирующего действия одновременно тестировался и раствор ранее изученной лимонной кислоты. Концентрации исследованных растворов уменьшались с шагом 1/2, что позволяло достаточно уверенно проследить зависимость ингибирующего действия от концентрации ингибитора. Нижний предел концентрации растворов (0,0002 М) определялся по практическому



## ВЛИЯНИЕ ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА

исчезновению эффекта ингибирования. Полученные результаты приведены в таблице 1 и на рисунках 1 и 2.

**Таблица 1**

**Ингибирующее действие растворов рацемической яблочной и лимонной кислот на процесс отверждения гипса**

Концентрация С (моль/л)	Начало отверждения (мин)		Окончание отверждения (мин)	
	Яблочная кислота	Лимонная кислота	Яблочная кислота	Лимонная кислота
0,0500	85	120	220	200
0,0250	46	110	130	150
0,0125	40	100	104	140
0,0063	35	90	67	120
0,0031	29	58	59	80
0,0016	19	30	42	56
0,0008	10	8	30	28
0,0004	7	6	23	21
0,0002	7	6	17	16
0,0000	6	6	15	15

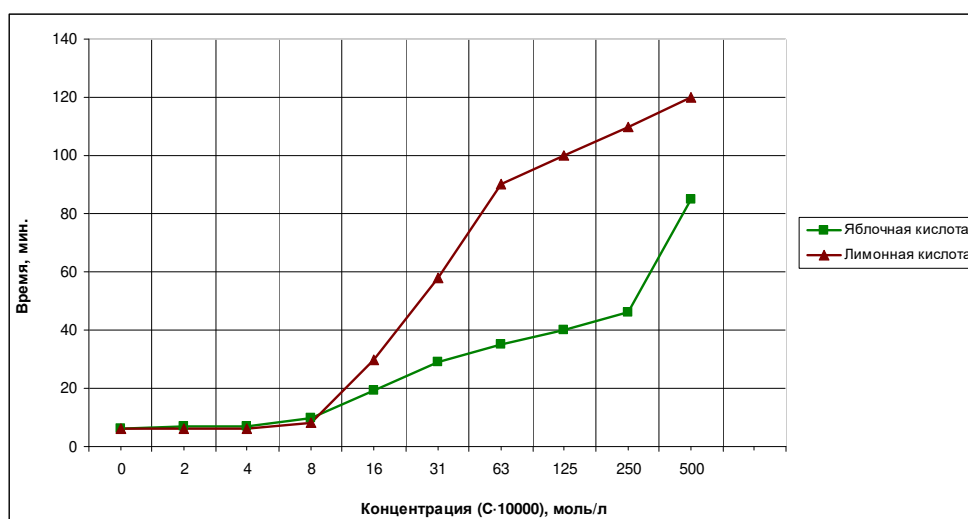


Рис. 1. Влияние рацемической яблочной и лимонной кислот на время начала отверждения гипса.

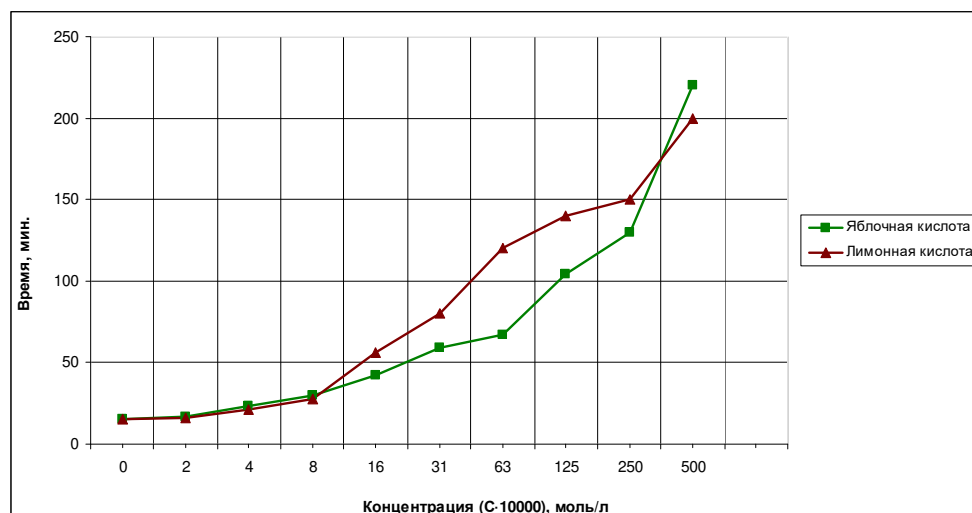


Рис. 2. Влияние рацемической яблочной и лимонной кислот на время окончания отверждения гипса.

Анализ полученных результатов показывает, что заметное ингибирующее действие как яблочной, так и лимонной кислот проявляется при очень низких концентрациях – уже от 0,0008 М и выше, при этом лимонная кислота проявляет большую ингибирующую активность. Сравнение времен начала и окончания отверждения показывает, что ингибирующее действие яблочной кислоты несколько слабее лимонной, однако все равно существенно с практической точки зрения. А именно время начала отверждения гипса составляет 6–7 минут без ингибиторов и 19–85 минут с растворами яблочной кислоты (0,0016–0,05 М). Для лимонной кислоты в этом же диапазоне концентраций время начала отверждения находится в диапазоне 30–120 минут. Времена окончания отверждения для яблочной и лимонной кислот еще менее разнятся и составляют от 42 до 220 минут для яблочной кислоты (в диапазоне 0,0016–0,05 М) и 56–200 минут для лимонной кислоты в том же диапазоне концентраций.

Качественное исследование прочностных свойств полученных образцов гипсовых отливок показало, что в изученном диапазоне концентраций яблочной и лимонной кислот прочность отливок не снижается до концентрации 0,0125 М, тогда как для двух самых высоких концентраций затворяющих растворов кислот (0,025 и 0,05 М) наблюдалось незначительное снижение механической прочности полученных отливок. Количественное изучение прочностных свойств гипсовых отливок на сжатие и изгиб с различными модификаторами предполагается в дальнейшем в отдельном исследовании.

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что в сравнении с лимонной кислотой эффективность рацемической яблочной кислоты примерно в 1,5–2 раза ниже, но все равно представляет существенный практический интерес. Рекомендуемый для практического использования диапазон концентраций

растворов рацемической яблочной кислоты составляет от 0,0016 до 0,0125 М (0,02–0,17 %) в зависимости от желаемого времени начала схватывания.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучена концентрационная зависимость ингибирующего действия водных растворов рацемической яблочной и лимонной кислот на процесс отверждения гипса.
2. Показано, что оптимальный диапазон концентраций рабочих растворов как яблочной, так и лимонной кислот составляет 0,00165–0,0125 М (0,02–0,17 %) без потери механической прочности отливок.
3. Показано, что ингибирующее действие рацемической яблочной кислоты в 1,5–2 раза слабее в сравнении с лимонной кислотой, но имеет существенное практическое значение.

#### Список литературы

1. А.с. 1046479 СССР. Тампонажный материал / О. П. Генъ. – опубл. 07.10.1983, Бюл. № 37.
2. Magallanes-Rivera R. Hydration reactions and microstructural characteristics of hemihydrate with citric and malic acid / R. Magallanes-Rivera., I. Escalante-García., A. Gorokhovskiy // Construction and Building Materials. – 2009. – Vol. 23. – P. 1298–1305.
3. Ersen A. Effect of malic and citric acid on the crystallisation of gypsum investigated by coupled acoustic emission and electrical conductivity techniques / A. Ersen., A. Smith., T. Chotard // J. Mater. Sci. – 2006. – Vol. 41. – P. 7210–7217.
4. Гришковец В. И. Влияние органических кислот на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, Л. Л. Капора, Л. А. Яковичин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2016. – Т. 2 (68), № 1. – С. 129–134.

#### EFFECT OF MALIC ACID TO THE PROCESS OF GYPSUM CURING

*Grishkovets V. I.<sup>1</sup>, Chistotin D. I.<sup>1</sup>, Yakovishin L. A.<sup>2</sup>, Korzh E. N.<sup>2</sup>*

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

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

*E-mail: vladgri@ukr.net*

In the present work, the effect of racemic malic acid on the process of gypsum curing was studied. The aim of the study was to study the concentration dependence of the inhibitory effect of malic acid on the process of gypsum curing and to compare the activity of malic acid with that of citric acid previously studied by us in a wide range of concentrations.

The range of molar concentrations of aqueous solutions of racemic malic acid was studied from 0.05 M to 0.0002 M. In the same range of concentrations, a solution of the previously studied citric acid was simultaneously tested to compare the inhibitory effect.

Analysis of the obtained results shows that a noticeable inhibitory effect of both malic and citric acids is manifested at very low concentrations – already from 0.0008 M

and above. A comparison of the start and end times of curing shows that the inhibitory effect of malic acid is somewhat weaker than that of citric acid, but is still significant from a practical point of view. Namely, the start time of gypsum curing is 6–7 minutes without inhibitors and 19–85 minutes with malic acid solutions (0.0016–0.05 M). For citric acid in the same concentration range, the curing start time is in the range of 30–120 minutes. The end times of curing for malic and citric acids differ even less and range from 42 to 220 minutes for malic acid (in the range of 0.0016–0.05 M) and 56–200 minutes for citric acid in the same concentration range.

A qualitative study of the strength properties of the obtained samples of gypsum castings showed that in the studied range of concentrations of malic and citric acids, the strength of the castings does not decrease to a concentration of 0.0125 M, while for the two highest concentrations of mixing acid solutions (0.025 and 0.05 M) an insignificant decrease in the mechanical strength of the obtained castings.

Thus, the analysis of the obtained results shows that, in comparison with citric acid, the efficiency of racemic malic acid is approximately 1.5–2 times lower, but it is still of significant practical interest. The concentration range of racemic malic acid solutions recommended for practical use is from 0.0016 to 0.0125 M (0.02–0.17 %), depending on the desired setting start time.

**Keywords:** binder materials, gypsum, malic acid, citric acid.

#### References

1. Gen' O. P. «Tamponazhnyy material». Patent SU №1046479 (E21B 33/138 07.10.83, Bull. № 37). (*In Russ.*).
2. Magallanes-Rivera R., Escalante-Garcia I., Gorokhovskiy A., Hydration reactions and microstructural characteristics of hemihydrate with citric and malic acid, *Construction and Building Materials*, **23**, 1298 (2009).
3. Ersen A., Smith A., Chotard T., Effect of malic and citric acid on the crystallisation of gypsum investigated by coupled acoustic emission and electrical conductivity techniques, *J. Mater. Sci.*, **41**, 7210 (2006).
4. Grishkovets V. I., Kapora L. L., Yakovishin L. A., Effect of organic acids on the process of gypsum curing, *Scientific Notes of Crimean V. I. Vernadsky Federal University. Biology, chemistry*, **2** (68), 129 (2016). (*In Russ.*).

УДК 615.322:547.913

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-285-296

## СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *ARTEMISIA DRACUNCULUS* L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

Мулюкин М. А.<sup>1</sup>, Булатова Е. В.<sup>1</sup>, Кравченко И. В.<sup>1</sup>, Самойленко З. А.<sup>1</sup>,  
Макарова Т. А.<sup>1</sup>, Гулакова Н. М.<sup>1</sup>, Ботиров Э. Х.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>БУ ВО Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

<sup>2</sup>Институт химии растительных веществ им. акад. С. Ю. Юнусова АН РУз, Ташкент,  
Узбекистан

E-mail: mulyukin\_ma@mail.ru

В настоящей работе получены данные о компонентном составе эфирного масла *Artemisia dracunculus* L. (эстрагон или тархун, сорт Гудвин), выращенного в условиях гидропоники под белым и цветным светодиодным освещением. Сбор лекарственного растительного сырья проводили в начале цветения до плодоношения, так как в этот период фитомасса накапливает максимальное количество биологически активных веществ. Для контроля были взяты образцы растений, произрастающих в условиях открытого грунта на территории Ботанического сада г. Сургута. Методом гидродистилляции из воздушно-сухой надземной части лекарственного растения *Artemisia dracunculus* L., выращенного в условиях светокультуры, получено эфирное масло. Методом ГХ-МС в составе эфирного масла из надземной фитомассы растений открытого грунта идентифицировано 28 соединений, тогда как в составе эфирного масла из образцов, выращенных под белыми и цветными фитолампами, обнаружено 17 и 20 веществ, что составляет 98,0; 99,3 и 99,6 % от общего количества эфирного масла соответственно. Главными компонентами эфирного масла надземной части эстрагона, выращенного как в открытом грунте, так и в условиях гидропоники, являются тимол (3,2–26,4 %), метилэвгенол (21,2–47,4 %), элемицин (15,1–28,8 %) и изоэлемицин (7,2–30,0 %). В составе эфирного масла из воздушно-сухого сырья эстрагона обнаружены также метилизоэвгенол (3,5 %), карвакрол (3,1 %), спатуленол (2,5 %), гермакрен-Д (1,6 %) и другие соединения. Следует отметить, что компонентный химический состав эфирного масла эстрагона, произрастающего в условиях светокультуры и открытого грунта, варьирует в зависимости от условий произрастания. Освещение цветными лампами способствовало увеличению накопления метилэвгенола в 1,6 раза, тимола в 3,5 раза, терпинен-4-ола в 2 раза по сравнению с составом эфирного масла, полученного из открытого грунта. В то же время освещение белыми лампами было эффективным в отношении накопления изоэлемицина – в 1,2 раза, карвакрола в 2 раза, тимола в 8 раз, по сравнению с открытым грунтом.

**Ключевые слова:** *Artemisia dracunculus* L., эфирное масло, ГХ-МС, лекарственные растения, гидропоника.

### ВВЕДЕНИЕ

*Artemisia dracunculus* L. (эстрагон или тархун) – многолетнее травянистое растение, относится к семейству астровые (Asteraceae). Данная культура обладает приятным пряным ароматом. В фармакологических целях используют надземную фитомассу эстрагона. Сбор лекарственного растительного сырья проводят в начале

цветения до плодоношения. В этот период фитомасса накапливает максимальное количество биологически активных веществ [1–3]. В качестве лекарственного растительного сырья используется трава, экстракты и эфирное масло эстрагона. Препараты из эстрагона обладают ранозаживляющими, мочегонными, ветрогонными, успокаивающими, гипополидемическими, противодиабетическими, тромболитическими свойствами [4–7]. Настойки эстрагона обладают антигипоксическими и анальгезирующими свойствами. Экстракты и эфирное масло проявляют антибактериальную, антифунгальную и альгицидную активность, тогда как эфирный экстракт – противоопухолевую активность [8–12]. Отвар, настойка и эфирное масло проявляют антигельминтную и антиоксидантную активность [13–15].

Широкое применение эфирного масла (ЭМ) *A. dracunculus* в различных отраслях промышленности и возросший интерес к его фармакологическим свойствам со стороны официальной медицины стали предпосылками для увеличения спроса и объема производства этого продукта до 10 тонн в год. Исследования последних лет показали, что к основным потребителям эфирного масла эстрагона относятся химическая промышленность и парфюмерия. Эти отрасли используют компоненты ЭМ для синтеза ароматических соединений [16]. Также растительное сырье эстрагона применяют как пряность и ароматизатор в пищевой промышленности [17].

Основным компонентом травы и листьев *A. dracunculus* является эфирное масло. На состав ЭМ влияют условия выращивания, онтогенетические особенности и возраст растения. Самые высокие концентрации ЭМ наблюдаются в начале распускания листьев и в начале цветения.

В результате исследования компонентного состава ЭМ *A. dracunculus*, И. Б. Руцких установила закономерность влияния возраста растений и фазы их развития на качественный состав масла. Исследование химического состава надземной фитомассы молодых растений эстрагона показало преобладание группы веществ сесквитерпеноидов. Для сравнения исследовали компонентный состав ЭМ растений возрастом до 5 лет, в результате которого был установлен более сложный химический состав. Тогда как к 10 годам у растений отмечено заметное снижение компонентного состава. Повышенное содержание в ЭМ сесквитерпеноидов выявлено в образцах растений, которые были собраны в фазу вегетации, а также в фазу плодоношения, причем вне зависимости от возраста. Наибольшее число компонентов в ЭМ характерно для фазы бутонизации и цветения [5].

Основными компонентами ЭМ являются: эстрагол или метилхавикол (40–85 %), сабинен (около 35 %), метилэвгенол (около 25 %) и элемицин (до 57 %) [1, 17, 18]. Эстрагон содержит большое количество кумаринов (герниарин скополетин, скопарон, дракумерин, артемидин, эскулетин, эскулин и капиллярин). Общее количество кумаринов в траве более 1,0 % [4, 18]. Также было обнаружено, что *A. dracunculus* содержит флавоноиды, концентрация которых в дикорастущих растениях колеблется от 0,5 до 1,9 %, а в условиях культивирования может быть получено максимальное содержание 4,9 %. Флавоноиды, типичные для этого вида, включают кверцетин, кемпферол, лютеолин, изорамнетин и их гликозиды, нарингенин, аннагенин (5,6,7,8,4'-пентагидрокси-3'- метоксифлавоон), пиноцембрин

и эстрагонозид С [1, 4, 18]. Доказано, что экстракты травы *A. dracunculus* также содержат фенольные кислоты, главным образом хлорогеновую кислоту, кофейную кислоту и ванильную кислоту. Другие соединения, обнаруженные в растении, включают алкаамиды (неопеллиторин А, неопеллиторин В, пеллиторин), полиацетилены, дубильные вещества, соединения, придающие горечь, витамин С, жирные кислоты и стеринны [4, 8, 18].

Цель исследования – изучить компонентный состав эфирного масла эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.), выращенного в условиях светокультуры и открытого грунта, для рационального использования лекарственного растительного сырья и поиска биологически активных веществ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования был выбран эстрагон сорта Гудвин. Это многолетний прямостоячий полукустарник до 115 см высотой. Стебель сильноветвистый, хорошо облиственный. Листья среднего размера, сидячие, линейно-ланцетные, светло-зеленые со слабым восковым налетом, сочные. Урожайность зеленой массы при двухразовой срезке взрослых растений на 2-ой год вегетации до 5 кг/м<sup>2</sup> [19].

Исследования проводили в двухъярусной гидропонной установке с подогревом типа «Система-4Д» в минераловатном субстрате. В качестве удобрений применяли полностью растворимые в воде комплексные удобрения с микроэлементами и кальциевую селитру. Уровень кислотности (рН) готового питательного раствора поддерживали в пределах 5,8...6,2 ед., электропроводность – 1,6–2 мСм/см [19–21]. В культивационном помещении температура воздуха составляла +22... +25 °С, влажность воздуха – 55...65 %. Основным фактором различия в агротехнике выступало освещение белыми и цветными фитолампами. Параметры цветного освещения – комбинация красных, синих и белых диодов (32:16:32), доминанта длины волны красного спектра – 625 нм, синего – 470 нм, световой поток 6573 лм, PPF 143 мкмоль/с/м<sup>2</sup>; параметры белого освещения – белые диоды, световой поток 8000 лм, цветовая температура 4000 К, PPF 165 мкмоль/с/м<sup>2</sup>. Поддерживали 16-часовой световой режим.

Срезки фитомассы растений в условиях гидропоники проводились несколько раз за сезон, при достижении растениями высоты 50 см, растительное сырье срезали в начале цветения. В качестве контрольных образцов использовали эстрагон сорта Гудвин, который был выращен в условиях открытого грунта на территории Ботанического сада г. Сургута Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Выделение эфирного масла из 160 г измельченной воздушно-сухой надземной части *A. dracunculus* осуществляли методом гидродистилляции при атмосферном давлении. Дистиллят отбирали в течение 3 часов. ЭМ из дистиллята выделили жидкость-жидкостной экстракцией хлороформом. Растворитель отгоняли, эфирное масло сушили безводным сульфатом натрия. Из воздушно-сухого сырья получили светло-желтое масло с характерным запахом. ЭМ хранилось в холодильнике при -4 °С до использования.

Качественный и количественный состав ЭМ определяли с помощью хроматографа Shimadzu GCMS-TQ8040 с масс-спектрометрическим детектором 5973. Колонка GsBP-5MS длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм. Температура термостата программировалась от 50 °С до 250 °С со скоростью 4 °С/мин. Температура инжектора – 250 °С. Газ носитель – гелий, скорость потока – 1 см<sup>3</sup>/мин. Перенос от газового хроматографа к масс-спектрометрическому детектору прогревался до 230 °С. Температура источника поддерживалась на уровне 240 °С. Электронная ионизация проводилась при 70 эВ в ранжировке масс  $m/z$  от 33 до 450. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными электронной библиотеки NIST14 и сравнения индексов удерживания соединений, определенных по отношению к времени удерживания *n*-алканов (C<sub>9</sub>-C<sub>24</sub>). Количественное содержание компонентов ЭМ вычисляли из площадей хроматографических пиков.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выход ЭМ из растения *A. dracunculoides*, выращенного в открытом грунте, а также в контролируемых условиях гидропоники под белыми и цветными лампами, составил 0,64; 0,24 и 0,58 масс. % соответственно в пересчете на абсолютно сухое сырье. По литературным данным, массовая доля ЭМ эстрагона в фитомассе, высушенной до воздушно-сухого состояния, составляет не менее 0,15 % и 0,18 % в абсолютно сухом сырье. В измельченном растительном материале, полученном в результате просеивания через сито с диаметром отверстий 7 мм, преобладают зеленые листья растений и соцветия. В связи с этим, содержание ЭМ значительно выше и составляет не менее 0,45 % в пересчете на абсолютно сухое растительное сырье [22].

Изучен компонентный состав ЭМ из воздушно-сухой надземной части лекарственного растения *A. dracunculoides*, выращенного в открытом грунте, а также в контролируемых условиях гидропоники. Методом ГХ-МС в составе ЭМ из растений открытого грунта идентифицировано 28 соединений, тогда как в составе ЭМ из растений, выращенных в гидропонике под белым и цветным освещением, обнаружено 17 и 20 веществ, что составляет 98,0; 99,3 и 99,6 % от общего количества ЭМ соответственно (табл. 1).

Главными компонентами ЭМ надземной части эстрагона, выращенного как в открытом грунте, так и в условиях гидропоники, являются тимол (3,2–26,4 %), метилэвгенол (21,2–47,4 %), элемицин (15,1–28,8 %) и изоэлемицин (7,2–30,0 %).

В составе ЭМ из воздушно-сухого сырья эстрагона обнаружены также метилизоэвгенол (3,5 %), карвакрол (3,1 %), спатуленол (2,5 %), гермакрен-Д (1,6 %) и другие соединения. Следует отметить, что компонентный химический состав ЭМ эстрагона, произрастающего в условиях светокультуры и открытого грунта, варьирует в зависимости от условий произрастания.

Освещение цветными лампами способствовало увеличению накопления метилэвгенола в 1,6 раза, тимола в 3,5 раза, терпинен-4-ола в 2 раза по сравнению с составом эфирного масла, полученного из открытого грунта. В то же время освещение белыми лампами было эффективным в отношении накопления



СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *ARTEMISIA DRACUNCULUS* L....

изоэлемицина – в 1,2 раза, карвакрола в 2 раза, тимола в 8 раз, по сравнению с открытым грунтом. Некоторые компоненты эфирного масла (метилизоэвгенол, спатуленол, гермакрен-D) в условиях открытого грунта накапливались в большем количестве, чем в условиях гидропоники.

Таблица 1.

Компонентный состав эфирного масла *Artemisia dracunculus* L.

№ п/п	Компоненты	Индекс удерживания	Содержание компонентов, %		
			ОГ	БЛ	ЦЛ
1	2	3	4	5	6
1	3-Гексен-2-он	965	0,1	–	–
2	$\alpha$ -Пинен	972	–	–	0,2
3	$\beta$ -Оцимен	1035	–	–	0,1
4	Линалоол	1098	0,1	0,1	0,2
5	Терпинен-4-ол	1178	0,2	0,2	0,4
6	p-Цимен-8-ол	1184	0,1	–	–
7	$\alpha$ -Терпинеол	1191	<0,1	<0,1	–
8	Эстрагол	1198	0,1	–	0,1
9	Космен-2-ол	1206	<0,1	–	–
10	Цитронеллол	1226	0,5	0,2	0,1
11	Гераниол	1253	0,5	0,1	0,1
12	Цитраль	1270	<0,1	–	–
13	Тимол	1290	3,2	26,4	11,1
14	Карвакрол	1300	1,5	3,1	1,1
15	Цитронеллилацетат	1352	0,3	<0,1	0,3
16	Эвгенол	1358	<0,1	–	–
17	Геранилацетат	1382	0,2	–	0,3
18	Метилэвгенол	1404	29,4	21,2	47,4
19	$\beta$ -Кариофиллен	1426	0,2	0,2	0,2
20	Гермакрен D	1488	1,6	0,4	0,6
21	Метилизоэвгенол	1497	3,5	1,6	0,8
22	Бициклогермакрен	1503	0,4	–	0,2
23	$\gamma$ -Мууролен	1520	0,1	–	–
24	$\delta$ -Кадинен	1528	0,4	0,2	0,1
25	Элемицин	1557	27,7	15,1	28,8
26	Спатуленол	1585	2,5	0,4	0,3
27	Кариофиллен оксид	1591	0,2	0,1	–
28	Изоэлемицин	1653	24,4	30,0	7,2
29	T-Мууролол	1661	0,6	–	–
30	Химачалол	1688	0,2	–	–
Всего			98,0	99,3	99,6

Примечание: ОГ – открытый грунт; БЛ – белые лампы; ЦЛ – цветные лампы.

По данным С. А. Войткевича [23] выявлено существование нескольких основных хемотипов полыни эстрагон, которые отличаются между собой по химическому составу и выходу масла. Образцы растений, выращенные в Германии, содержат около 35 % сабинена и больше 25 % метилэвгенола. Масло эстрагона французского типа содержит более 60 % метилхавикола (эстрагола) [17, 23], 6–12 %  $\beta$ -оцимена и 2–6 % лимонена [17]. В растительном сырье, выращенном на территории Российской Федерации, содержатся в основном метилэвгенол или элемицин, а в образцах японского эстрагона до 35 % анетола [23].

Ф. С. Шароповым с соавторами [24] показано существование 7 главных хемотипов *A. dracunculus*: (1) с преобладанием (E)- $\beta$ -оцимена/(Z)- $\beta$ -оцимена, (2)  $\alpha$ -терпинена, (3) капиллена, (4) метилэвгенола, (5) смешанный хемотип, (6) с преобладанием (Z)-артемидина (3-(1Z-бутенил)-изокумарина), (7) эстрагола (метилхавикола). Наши образцы можно отнести к промежуточному хемотипу между (4) метилэвгеноловым и смешанным хемотипом группы элемицина (5с).

В составе ЭМ полыни эстрагон сибирской флоры основными компонентами являются производные 4-пропилфенола (метилхавикол – до 48 %, триметоксиаллилбензол – до 34 %, метилэвгенол – до 12 %), ацетиленовые соединения (капиллен – до 3 %, 1-фенил-2,4-гексадин – до 24 %, 1-фенил-2,4-гексадин-1-он – до 3 %), производные изокумарина (3-(1Z-бутенил)-изокумарин – до 46 % и 3-(1E-бутенил)-изокумарин – до 26 %). В некоторых образцах в заметном количестве присутствуют сесквитерпеноиды, основными из которых являются агкуркумен (до 14 %), спатчуленол (до 17 %), кариофиллен- $\alpha$ -оксид (до 17 %) [5].

ГХ-МС анализ ЭМ свежей надземной части *A. dracunculus*, культивируемого в Карадже (к западу от Тегерана), показал наличие транс-анетола (21,1 %), транс- $\alpha$ -оцимена (20,6 %), лимонена (12,4 %),  $\alpha$ -пинена (5,1 %), цис- $\beta$ -оцимена (4,8 %), метилэвгенола (2,2 %),  $\beta$ -пинена (0,8 %),  $\alpha$ -терпинолена (0,5 %), борнилацетата (0,5 %) и бициклогермакрена (0,5 %) в качестве основных компонентов [25].

В результате исследования химического состава ЭМ четырех видов турецкой полыни, в том числе *A. dracunculus*, в качестве основных компонентов были идентифицированы камфора (1,4–34,9 %), 1,8-цинеол (1,5–9,5 %), хамазулен (17,8 %), нуциферола пропионат (5,1 %), нуциферолбутаноат (8,2 %), кариофилленоксид (1,7–4,3 %), борнеол (0,6–5,1 %),  $\alpha$ -терпинеол (1,6–4,1 %), спатуленол (1,3–3,7 %), кубенол (0,1–4,2 %),  $\beta$ -эвдесмол (0,6–7,2 %) и терпинен-4-ол (0,1–4,2 %) [25].

Эфирное масло *A. dracunculus*, собранного на территории Индии оказалось богатым следующими веществами: транс-анетолом (28,06 %), Z- $\beta$ -оцименом (15,79 %),  $\alpha$ -терпиноленом (10,12 %), элемицином (10,08 %), 1,8-цинеолом (7,71 %) и  $\alpha$ -копаеном (2,78 %) [26].

Преобладающим компонентом ЭМ *A. dracunculus* (Арагюх, Армения) являлся эстрагол (метилхавикол) и достигал 84,9 %. Другими компонентами были линалоол (5,09 %), транс-бета-оцимен (4,00 %), лимонен (1,63 %), (Z,E)-аллооцимен (2,29 %), 3-карен (0,81 %) и бета-оцимен (0,61 %) [27].

Эфирное масло дикорастущего эстрагона в Таджикистане содержало 29,1 % сабинена, 24,6 % эстрагола, 7,8 % лимонена, 4,9 % (Z)-артемидина, 4,8 % мирцена и 4,0 % (E)- $\beta$ -оцимена [24].

На аккумуляцию эфирных масел и их качественный состав влияют фаза вегетации, возраст растений, генетические особенности вида, а в условиях открытого грунта, кроме этого, важное значение имеют условия местообитания и климатические факторы [28].

Рабжаевой А. Н. установлено, что качественный состав основных составляющих ЭМ не зависит от температурно-влажностных характеристик фитоценоза (остается постоянным), количественное содержание терпинена в надземных органах тимьяна байкальского с увеличением коэффициента экстремальности уменьшается, а содержание карвакрола увеличивается. Содержание терпинеола характеризуется обратной зависимостью. По мере усиления экстремальности погодных условий содержание монотерпеноидов уменьшается [29].

Изменение содержания и состава ЭМ связано с их экологической функцией. Эфирные масла при испарении окутывают растение от перегрева. Вероятно, эти изменения носят приспособительный характер к условиям недостатка влаги за счет усиления биологической активности ЭМ. Так, происходит накопление терпинеола-4, имеющего высокую репеллентную активность. Накопление сесквитерпеновых соединений также можно рассматривать как фактор повышения устойчивости растений к патогенным агентам [30].

На синтез ЭМ существенное влияние оказывают следующие параметры: интенсивность и продолжительность освещения. С возрастанием показателя освещенности рост, развитие и аккумуляция эфирного масла увеличивается до определенно максимального уровня. Избыточное освещение прямыми солнечными лучами (в июле-августе) негативно сказывается на физиолого-биохимические процессы растений. Часть световых лучей повышает температуру растений, что приводит к испарению ЭМ [31].

Полученные результаты показывают перспективность выращивания *Artemisia dracunculus L.* методом гидропоники, где благодаря разным спектрам освещения можно изменять качественный и количественный состав компонентов эфирного масла в сторону их увеличения (тимол, карвакрол, метилэвгенол, элемицин, изоэлемицин).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что доминирующими компонентами эфирных масел эстрагона сорта Гудвин, выращенного в условиях открытого грунта и в контролируемых условиях гидропоники под белыми и цветными лампами, являются метилэвгенол, элемицин, изоэлемицин, тимол.
2. Освещение комбинированными лампами в соотношении красного, синего и белого спектра 32:16:32 способствовало увеличению накопления метилэвгенола в 1,6 раза, тимола в 3,5 раза, терпинен-4-ола в 2 раза по сравнению с составом ЭМ, полученного из открытого грунта.

3. Освещение белыми лампами было эффективным в отношении накопления изоземицина – в 1,2 раза, карвакрола в 2 раза, тимола в 8 раз, по сравнению с открытым грунтом.

Работа проведена при финансовой поддержке Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, в рамках проекта «Технологии выращивания и извлечения биологически активных соединений северных ягодных культур и лекарственных трав (ЮграБиоФарм)» (Приказ Департамента образования и молодежной политики ХМАО – Югры № 10-П-1308 от 04.09.2020; Проект № 2020-146-11).

#### Список литературы

1. Куркин В. А. Фармакогнозия / В. А. Куркин. – Самара: Оффорт, 2007. – 446 с.
2. Fildan A. P. *Artemisia dracunculus* Essential Oil Chemical composition and antioxidant properties / A. P. Fildan, I. Pet, D. Stoin [et al.] // Revista de Chimie. Bucharest. – 2019. – Vol. 70, No 1. – P. 59–62. DOI: <https://doi.org/10.37358/RC.19.1.6851>.
3. Яркова Н. Н. Семеноведение сельскохозяйственных растений / Н. Н. Яркова, В. М. Федорова. Пермь, 2016. – 116 с.
4. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейство Asteraceae. С.Пб., 1993. – С. 43–45.
5. Руцких И. Б. Состав эфирного масла полыни тархун (*Artemisia dracunculus* L.) сибирской флоры / И. Б. Руцких, М. А. Ханина, Е. А. Серых [и др.] // Химия растительного сырья. – 2000. – №3. – С. 65–76.
6. Fraternalia D. Essential Oil Composition and Antigermination Activity of *Artemisia dracunculus* (Tarragon) / D. Fraternalia, G. Flaminib, D. Riccia // Natural Product Communications. – 2015. – Vol. 10, No 8. – P. 1469–1472.
7. Obolskiy D. *Artemisia dracunculus* L. (Tarragon): A Critical Review of Its Traditional Use, Chemical Composition, Pharmacology and Safety / D. Obolskiy, I. Pischel, B. Feistel [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2011. – Vol. 59, No 21. – P. 367–384. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf202277w>.
8. Bahramikia S. A comparison of antioxidant capacities of ethanol extracts of *Satureja hortensis* and *Artemisia dracunculus* leaves / S. Bahramikia, R. Yazdanparast, N. Nosrati // Pharmacologyonline. – 2008. – Vol. 2. – P. 694–704.
9. Kovalyova A. The research of antibacterial activity of tarragon and other species of the genus *Artemisia* L. / A. Kovalyova, O. Ochkur, N. Kashpur // The Pharma Innovation. – 2013. – Vol. 2, No 9. – P. 48–50.
10. Tak I. R. Phytochemical studies on the extract and essential oils of *Artemisia dracunculus* L. (Tarragon) / Tak I. R., Mohiuddin D., B. A. Ganai // Afr. J. Plant Sci. – 2014. – Vol. 8, No 1. – P. 72–75.
11. Aglarova A. M. Biological characteristics and useful properties of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) / A. M. Aglarova, I. N. Zilfikarov, O. V. Severtseva // Pharm. Chem. J. – 2008. – V. 42, No 2. – P. 81–86.
12. Nabaa M. I. Extraction and characterization of Iraqi *Artemisia dracunculus* dried aerial parts extract through HPLC and GC-MS analysis with evaluation of its antitumor activity against 7, 12-dimethylbenze (a) anthracene induced skin cancer in mice / M. I. Nabaa // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. – 2017. – Vol. 9, No 5. – P. 34–42.
13. Ayoughi F. Chemical Compositions of Essential Oils of *Artemisia dracunculus* L. and Endemic *Matricaria chamomilla* L. and an Evaluation of their Antioxidative Effects / F. Ayoughi, M. Barzegar, M. A. Sahari // J. Agr. Sci. Tech. – 2011. – Vol. 13. – P. 79–88.
14. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т.5. Семейство Asteraceae (Compositae). Ч.1. Роды *Achillea* – *Doronicum*. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 317 с.
15. Fildan A. P. *Artemisia dracunculus* Essential Oil Chemical composition and antioxidant properties / A. P. Fildan, I. Pet, D. Stoin // Rev. Chim (Bucharest). – 2019. – Vol. 70, No 12. – P. 59–62.

16. Лолойко А. А. Особенности биосинтеза эфирного масла в семенном потомстве полыни эстрагон (*Artemisia dracunculus*) / А. А. Лолойко, Н. Н. Петришина, Н. В. Невкрытая [и др.] // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2011. – вып. 4. – С. 116–122.
17. Паштецкий В. С. Эфирные масла и их качество / В. С. Паштецкий. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2021. – 212 с.
18. Ekiert H. *Artemisia dracunculus* (Tarragon): A Review of Its Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology / H. Ekiert, J. Swiatkowska, E. Knut [et al.] // Front. Pharmacol. – 2021. – Vol. 12. – P. 1–18. DOI: 10.3389/fphar.2021.653993.
19. Макаров П. Н. Оценка продуктивности и качества эстрагона и тимьяна обыкновенного при выращивании в светокультуре / П. Н. Макаров, Т. А. Макарова, З. А. Самойленко [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – №4 (64). – С. 24–29. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-24-29>
20. Макаров П. Н. Технология выращивания эфиромасличных культур в закрытых системах / П. Н. Макаров, Т. А. Макарова, З. А. Самойленко [и др.] // Вестник Нижневартговского государственного университета. – 2020. – №2. – С. 53–59. DOI: <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/07>.
21. Макаров П. Н. Содержание биологически активных веществ в зеленых культурах, выращенных в светокультуре / П. Н. Макаров, Т. А. Макарова, З. А. Самойленко [и др.] // Безопасный Север – чистая Арктика: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Сургут. – 2020. – С. 271–279.
22. Бакова Н. Н. К вопросу о стандартизации сырья эстрагона / Н. Н. Бакова, О. М. Шевчук, Л. А. Логвиненко [и др.] // Овощи России. – 2019. – №2. – С. 58–62. DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-58-62>.
23. Войткевич С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии / С. А. Войткевич. – М.: Пищевая промышленность, 1999. – С. 79–80.
24. Sharopov F. Phytochemical Study on the Essential Oils of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) Growing in Tajikistan and Its Comparison With the Essential Oil of the Species in the Rest of the World / F. Sharopov, A. Salimov, S. Numonov [et al.] // Natural Product Communications. – 2020. – Vol. 15, No 12. – P. 1–7. DOI:10.1177/1934578X20977394.
25. Abad M. J. The *Artemisia* L. Genus: A Review of Bioactive Essential Oils / M. J. Abad, L. M. Bedoya, L. Apaza [et al.] // Molecules. – 2012. – No 17. – P. 2542–2566. DOI:10.3390/molecules17032542.
26. Tak I. R. Phytochemical studies on the extract and essential oils of *Artemisia dracunculus* L. (Tarragon) / Tak I. R., Mohiuddin D., Ganai B. A. [et al.] // Academic Journals. – 2014. – Vol. 8, No 1. – P. 72–75. DOI: 10.5897/AJPS2013.1145.
27. Petrosyan M. T. Chemical composition and antimicrobial potential of essential oil of *Artemisia dracunculus* L., cultivated at high altitude armenian landscape / M. T. Petrosyan, N. Zh. Sahakyan, A. H. Trchounian // Chemistry and Biology. – 2018. – V. 52, No 2. – P. 116–121.
28. Минович В. М. Растения и сырье семейства астровых, содержащие эфирные масла; учебно-методические рекомендации к практическим занятиям для студентов по фармакогнозии / В. М. Минович. – Иркутск: ИГМУ, 2014. – 26 с.
29. Рабжаева А. Н. Компонентный состав эфирного масла *Thymus baicalensis* Serg. (семейство Lamiaceae), произрастающего на территории Восточной Сибири и Монголии / А. Н. Рабжаева, С. В. Жигжитжапова, Л. Д. Раднаева // Химия растительного сырья. – 2015. – № 2. – С. 119–126.
30. Изотов Д. В. Эфирные масла некоторых травянистых растений и перспективы их использования / Д. В. Изотов, В. И. Михайлов [и др.] // Материалы 2-ой междунар. конф. по лесным биологически активным ресурсам. – Хабаровск: Изд-во ФГУ «ДальНИИЛХ», 2004. – С. 248–250.
31. Ильченко Г. Н. Влияние различной освещенности на рост и развитие базилика эвгенольного (*Ocimum gratissimum* L.) / Г. Н. Ильченко, Т. Т. Агеева, Н. Г. Березкин // Масличные культуры. – 2014. – №2. – С. 86–91.

## COMPOSITION OF *ARTEMISIA DRACUNCULUS* L. ESSENTIAL OIL DEPENDING ON GROWING ENVIRONMENT

Mulyukin M. A.<sup>1</sup>, Bulatova E. V.<sup>1</sup>, Kravchenko I. V.<sup>1</sup>, Samoilenko Z. A.<sup>1</sup>,  
Makarova T. A.<sup>1</sup>, Gulakova N. M.<sup>1</sup>, Botirov E. Kh.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Surgut State University, Surgut, Russia

<sup>2</sup>Institute of Chemistry of Plant Substances. acad. S. Yu. Yunusova AS RUz, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: mulyukin\_ma@surgu.ru

The composition of the essential oil of *Artemisia dracunculus* L. medicinal plant (estragon, tarragon, Gudvin variety) was studied. The essential oil was extracted by means of hydrodistillation from air-dry aerial portion of the plant that was grown in a hydroponic system under white and colored LED lighting. The medicinal plant raw material was gathered at the beginning of the flowering stage before ripening, as during this period the phytomass accumulates the maximum amount of biologically active substances. The plants cultivated in open ground on the territory of Surgut Botanic Garden were used as control specimens.

The qualitative and quantitative composition of the essential oil was determined by the GC-MS method with the chromatograph Shimadzu GCMS-TQ8040 which mass-spectrometer detector is 5973. Tube GsBP-5MS with a length of 30 m and an inner diameter of 0.25 mm. Temperature of the injector is 250 °C. The carrier gas is helium, stream velocity is 1 cm<sup>3</sup> per minute. The transfer from the gas chromatograph to the mass spectrometric detector was heated to 230 °C. The source temperature was maintained at 240 °C. Electron ionization was performed at 70 eV in a mass m/z ranking of 33 to 450.

In the essential oil extracted from the open ground cultivated plants 28 compounds were detected by means of GC-MS analysis while 17 and 20 compounds were detected in the essential oil extracted from the plants grown under white and colored LED lighting, comprising respectively 98.0 %, 99.3 % and 99.6 % of the total amount of the essential oil.

The main compounds of the essential oil extracted from aerial portion of *Artemisia dracunculus* L. cultivated both in open ground and hydroponic systems are thymol (3.2–26.4 %), methyleugenol (21.2–47.4 %), elemicin (15.1–28.8 %) and isoelemicin (7.2–30.0 %). The composition of the essential oils extracted from air-dry aerial portion of *Artemisia dracunculus* L. also includes methyl isoeugenol (3.5 %), carvacrol (3.1 %), spathulenol (2.5 %), germacrene-D (1.6 %) and other compounds.

It should be noted that the composition of the essential oil extracted from the plants grown in hydroponic systems and open ground depends on the growing conditions. Colored LED lighting facilitates accumulation of methyleugenol (1.6 times), thymol (3.5 times), terpinen-4-ol (2 times) when compared to the essential oil extracted from the plants grown in open ground, while white LED lighting proved to be more effective for accumulation of isoelemicin (1.2 times), carvacrol (2 times) and thymol (8 times).

**Keywords:** *Artemisia dracunculus*, essential oil, GC-MS analysis, medicinal plant, hydroponics.

## References

1. Kurkin V. A. *Farmakognoziya*, 182 (Samara, 2007). (in Russ.).
2. Fildan A. P., Pet I., Stoin D. [et al.], *Artemisia dracunculus* Essential Oil Chemical composition and antioxidant properties. *Revista de Chimie. Bucharest*, **70(1)**, 59 (2019). DOI: 10.37358/RC.19.1.6851.
3. Yarkova N. N., Fedorova V. M. *Seed production of agricultural plants*, 116 (Perm, 2016). (in Russ).
4. Zokirov K. Z. *Plant resources of the USSR. Flowering plants, their chemical composition, use. Asteraceae family*, 43 (S.Pb., 1993). (in Russ).
5. Rutsikh I. B., Khanina M. A., Serykh E. A. Composition of the essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) of the Siberian flora. *Chemistry of vegetable raw materials*, **(3)**, 65 (2000). (in Russ).
6. Fraternalia D., Flaminib G., Riccia D. Essential Oil Composition and Antigermination Activity of *Artemisia dracunculus* (Tarragon). *Natural Product Communications*, **10(8)**, 1469 (2015).
7. Obolskiy D., Pischel I., Feistel B. [et al.], *Artemisia dracunculus* L. (Tarragon): A Critical Review of Its Traditional Use, Chemical Composition, Pharmacology and Safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59(21)**, 367 (2011). DOI: <https://doi.org/10.1021/jf202277w>.
8. Bahramikia S., Yazdanparast R., Nosrati N. A comparison of antioxidant capacities of ethanol extracts of *Satureja hortensis* and *Artemisia dracunculus* leaves. *Pharmacologyonline*, **2**, 694 (2008).
9. Kovalyova A., Ochkur O., Kashpur N. The research of antibacterial activity of tarragon and other species of the genus *Artemisia* L. *The Pharma Innovation*, **2(9)**, 48 (2013).
10. Tak I. R., Mohiuddin D., Ganai B. A. Phytochemical studies on the extract and essential oils of *Artemisia dracunculus* L. (Tarragon). *Afr. J. Plant Sci*, **8(1)**, 72 (2014).
11. Aglarova A. M., Zilfikarov I. N., Severtseva O. V. Biological characteristics and useful properties of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). *Pharm. Chem. J.*, **42(2)**, 81 (2008).
12. Nabaa M. I. Extraction and characterization of Iraqi *Artemisia dracunculus* dried aerial parts extract through HPLC and GC-MS analysis with evaluation of its antitumor activity against 7, 12-dimethylbenze (a) anthracene induced skin cancer in mice. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, **9(5)**, 34 (2017).
13. Ayoughi F., Barzegar M., Sahari M. A. Chemical Compositions of Essential Oils of *Artemisia dracunculus* L. and Endemic *Matricaria chamomilla* L. and an Evaluation of their Antioxidative Effects. *J. Agr. sci. Tech*, **13**, 79 (2011).
14. Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their composition and biological activity. T.5. Family Asteraceae (Compositae). Part 1. The genera *Achillea*-*Doronicum*. St. Petersburg; M.: Association of scientific publications KMK, 317 (2012). (in Russ).
15. Fildan A. P., Pet I., Stoin D. *Artemisia dracunculus* Essential Oil Chemical composition and antioxidant properties. *Rev. Chim (Bucharest)*, **70(12)**, 59 (2019). (in Russ).
16. Loloyko A. A., Petrishina N. N., Nevkryaia N. V. [et al.], Peculiarities of essential oil biosynthesis in seed progeny of tarragon (*Artemisia dracunculus*). *Ecosystems, their optimization and protection*, **(4)**, 116 (2011). (in Russ).
17. Pashtetsky V. S. *Essential oils and their quality*, 212 (Simferopol: IT "Arial", 2021). (in Russ).
18. Ekiert H., Swiatkowska J., Knut E. [et al.], *Artemisia dracunculus* (Tarragon): A Review of Its Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology. *Front. Pharmacol*, **12**, 1 (2021). DOI: 10.3389/fphar.2021.653993.
19. Makarov P. N., Makarova T. A., Samoilenko Z. A. Evaluation of the productivity and quality of tarragon and common thyme when grown in light culture. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*, **4(64)**, 24 (2021). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-24-29>. (in Russ).
20. Makarov P. N., Makarova T. A., Samoilenko Z. A. Technology of growing essential oil crops in closed systems. *Bulletin of the Nizhnevartovsk State University*, **(2)**, 53 (2020). DOI: <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/07>. (in Russ).
21. Makarov P. N., Makarova T. A., Samoilenko Z. A. [et al.], The content of biologically active inclusions in green crops grown in light culture, *Safe North - Clean Arctic: mater. III All-Russian. scientific-pract. conf.* (Surgut, 2020), p. 271. (in Russ).
22. Bakova N. N., Shevchuk O. M., Logvinenko L. A. [et al.], On the issue of standardization of tarragon raw materials. *Vegetables of Russia*, **(2)**, 58 (2019). DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-58-62>. (in Russ).

23. Voitkevich S. A. *Essential oils for perfumery and aromatherapy*, 79 (M.: Food industry, 1999). (in Russ).
24. Sharopov F., Salimov A., Numonov S. [et al.], Phytochemical Study on the Essential Oils of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) Growing in Tajikistan and Its Comparison With the Essential Oil of the Species in the Rest of the World. *Natural Product Communications*, **15(12)**, 1 (2020). DOI:10.1177/1934578X20977394.
25. Abad M. J., Bedoya L. M., Apaza L. [et al.], The *Artemisia* L. Genus: A Review of Bioactive Essential Oils. *Molecules*, (**17**), 2542 (2012). DOI:10.3390/molecules17032542.
26. Tak I. R., Mohiuddin D., Ganai B. A. Phytochemical studies on the extract and essential oils of *Artemisia dracunculus* L. (Tarragon). *Academic Journals*, **8(1)**, 72 (2014). DOI: 10.5897/AJPS2013.1145.
27. Petrosyan M. T., Sahakyan N. Zh., Trchounian A. H. Chemical composition and antimicrobial potential of essential oil of *Artemisia dracunculus* L., cultivated at high altitude Armenian landscape. *Chemistry and Biology*, **52(2)**, 116 (2018).
28. Mirovich V. M. Plants and raw materials of the Asteraceae family containing essential oils; educational and methodological recommendations for practical exercises for students in pharmacognosy, 26 (Irkutsk: IGMU, 2014). (in Russ).
29. Rabzhaeva A. N., Zhigzhitzhapova S. V., Radnaeva L. D. The composition of the essential oil of *Thymus baicalensis* Serg. (family Lamiaceae), growing on the territory of Eastern Siberia and Mongolia. *Chemistry of vegetable raw materials*. (**2**), 119 (2015). (in Russ).
30. Izotov D. V., Mikhailov V. I. [et al.], Essential oils of some herbaceous plants and prospects for their use, *Proceedings of the 2nd Intern. conf. on forest biologically active resources* (DalNIILKh, Khabarovsk, 2004), p. 248. (in Russ).
31. Ilchenko G. N., Ageeva T. T., Berezkin N. G. Influence of different illumination on the growth and development of eugenol basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Oil cultures*, (**2**), 86 (2014). (in Russ).



**УДК 539.194**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-297-301**

## **ВНУТРЕННЕЕ ВРАЩЕНИЕ В МОЛЕКУЛАХ БЕНЗАЛЬДЕГИДА И НЕКОТОРЫХ ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ**

*Шейх-Заде М. И.*

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

Рассчитаны приведённые моменты инерции бензальдегида, 4-Cl-, 4-CH<sub>3</sub>- бензальдегидов. Из решения уравнения Матве с использованием значений частот  $\tau(CHO)$  торсионных переходов 0→1 рассчитаны потенциальная энергия внутреннего вращения  $V(\alpha)=V_2 \cdot (1-\cos 2\alpha)/2$  и значения торсионных уровней энергии  $E_0, E_1$  этих молекул. Рассмотрено влияние электронных эффектов заместителей на величину барьера внутреннего вращения в этих молекулах.

**Ключевые слова:** бензальдегиды, внутреннее вращение, потенциальная функция, заместители, электронные эффекты.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В многоатомных молекулах возможен поворот одной части молекулы относительно другой части вокруг химической связи между ними. Такое движение называют внутренним вращением в молекуле [1, 2]. При внутреннем вращении изменяется потенциальная энергия  $V(\alpha)$  молекулы в зависимости от угла  $\alpha$  внутреннего вращения. Функцию  $V(\alpha)$  называют (ПФВВ). Вид и параметры функции  $V(\alpha)$  позволяют получить информацию о различных характеристиках молекул, о взаимном влиянии атомов в молекуле, об устойчивости конформеров молекул и тому подобное [1, 2]. Например, в [3] показано, что существует корреляционная зависимость между электронными эффектами заместителей в 4-X-производных фенола и значением параметра  $V_2$  ПФВВ  $V(\alpha)=V_2 \cdot (1-\cos 2\alpha)/2$ .

Априори можно предположить, что и в 4-X-производных бензальдегида (БА) электронные эффекты заместителей X будут оказывать влияние на ПФВВ. Эти соображения определили выбор объектов изучения – БА, 4-Cl-, 4-CH<sub>3</sub>-БА. В работе [4] методом микроволновой спектроскопии показано, что молекула БА является плоской, группа симметрии C<sub>s</sub>. Поэтому в настоящей работе альдегидная группа рассматривалась как плоский волчок, соединенный с плоским остовом (бензольное кольцо).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Приведённые моменты инерции  $I_{np}$  изученных молекул были рассчитаны по формулам, приведённым в [5] с использованием геометрических параметров молекул БА, полученных в [4] микроволновым методом, а также данных из работы [6]. Расстояния C<sub>4</sub>-X для X=Cl, CH<sub>3</sub> были приняты как в хлорбензоле и толуоле соответственно [7]. Геометрия CH<sub>3</sub>-группы принята как в этилене [7].

Значения частот  $\tau(CHO)$  торсионных переходов 0→1, необходимые для расчёта ПФВВ, были заимствованы из работы [8], в которой эти данные были получены методом ИК-спектроскопии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В [9] показано, что для молекул с относительно высоким двухкратным барьером внутреннего вращения, к которым относится БА и 4-Х-БА, ПФВВ удовлетворительно описывается зависимостью:

$$V(\alpha) = V_2 \cdot (1 - \cos 2\alpha) / 2, \quad (1)$$

Одномерное уравнение Шредингера для внутреннего вращения с ПФВВ (1) можно привести к уравнению Матье:

$$\frac{d^2 y(x)}{dx^2} + (b - s \cdot \cos^2 x) \cdot y(x) = 0, \quad (2)$$

где  $x = \alpha + \pi/2$ ,  $b = E/F$ ,  $E$  – энергия торсионных колебаний,  $F$  – приведённая вращательная постоянная,  $s = V_2/F$ . Решения уравнения (2) известны, зависимости  $b$  от  $s$  приведены в нескольких публикациях. Для проведения расчётов в случае БА и 4-Х-БА были использованы данные, приведённые в [10].

Чтобы вычислить значения  $V_2$  по формуле  $V_2 = F \cdot s$ , нужно найти соответствующие значения  $s$ , для чего необходимо предварительно определить значения  $\Delta b = b_1 - b_0$ , где  $b_1 = E_1/F$ ,  $b_0 = E_0/F$ . Так как в [10] данные приведены с большим шагом, соответствующие значения  $s$  были определены путём параболической интерполяции. Параметры интерполяционной параболической зависимости были найдены методом наименьших квадратов. Полученные таким способом значения  $V_2$  и  $\Delta V_2 = V_{2X} - V_{2H}$  приведены в табл. 1.

**Таблица 1**  
**Литературные ( $\tau$ ) и рассчитанные ( $F$ ,  $V_2$ ,  $\Delta V_2$ ,  $E_0$ ,  $E_1$ ) данные для 4-Х-БА**

$X$	$\tau$ , см <sup>-1</sup>	$F$ , см <sup>-1</sup>	$V_2$ , см <sup>-1</sup>	$\Delta V_2$ , см <sup>-1</sup>	$E_0$ , см <sup>-1</sup>	$E_1$ , см <sup>-1</sup>
H	111	1,889	1690	0	56,0	167,0
CH <sub>3</sub>	89,5	1,727	1210	-480	45,2	134,7
Cl	81,5	1,661	1040	-650	41,2	122,7

Для нахождения значений торсионных уровней энергии  $E_0$ ,  $E_1$  по формулам  $E_0 = F \cdot b_0$ ,  $E_1 = F \cdot b_1$ , предварительно для соответствующих значений  $s$  были получены значения  $b_0$ ,  $b_1$  путём интерполяции табличных данных [10] степенной

зависимостью, параметры которой были определены методом наименьших квадратов. Полученные таким способом значения  $E_0$ ,  $E_1$ , округлённые до одного десятичного знака, приведены в табл. 1.

Значения  $\tau(CHO)$ , приведённые в табл. 1, были получены в [8] для изученных 4-Х-БА в газовой фазе, поэтому значения  $V_2$  в табл. 1 соответствуют газовой фазе. В [4] для БА в газовой фазе методом микроволновой спектроскопии было получено  $\tau(CHO)=113,8\pm 5,0$  см<sup>-1</sup> и  $V_2=1710\pm 150$  см<sup>-1</sup>. Значения  $V_2$  для БА, полученные в данной работе и в [4], находятся в хорошем согласии между собой. В [11] методом УФ-спектроскопии получено для БА  $\tau(CHO)=110,7\pm 0,5$  см<sup>-1</sup> и  $V_2=1900\pm 120$  см<sup>-1</sup>. Это значение  $V_2$  заметно отличается от значений  $V_2$ , полученных в данной работе и в [4].

Следует отметить, что значения частот торсионных колебаний зависят от того, в каком фазовом состоянии вещества они были определены. Например, для БА в жидком состоянии было получено  $\tau(CHO)=133$  см<sup>-1</sup> [8],  $132$  см<sup>-1</sup> [12], для 4-Cl-БА  $\tau(CHO)=104$  см<sup>-1</sup> [8], для 4-CH<sub>3</sub>-БА  $\tau(CHO)=114$  см<sup>-1</sup> [8]. Соответственно, в [12] для БА было получено значение  $V_2=2370$  см<sup>-1</sup>, что существенно больше значения  $V_2$  в газовой фазе. Поэтому при анализе влияния заместителей на параметры ПФВВ предпочтительно использовать данные для газовой фазы, так как в газовой фазе будет сведено к минимуму влияние межмолекулярных взаимодействий, которые имеют место в жидком состоянии вещества.

Из данных табл. 1 видно, что заместители в 4-Х-БА оказывают заметное влияние на величину барьера внутреннего вращения, что можно объяснить влиянием электронных эффектов заместителей. Это влияние в случае 4-Х-БА более существенное, чем в случае 4-Х-фенолов [3]. Из данных табл. 1 следует, что в 4-Х-БА барьер внутреннего вращения убывает в ряду  $H > CH_3 > Cl$ , что согласуется с данными, приведёнными в [12].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Рассчитаны приведённые моменты инерции, потенциальные функции внутреннего вращения, значения торсионных уровней энергии  $E_0$ ,  $E_1$  молекул 4-Х-бензальдегида, где Х=Н, CH<sub>3</sub>, Cl.
2. Показано, что в 4-Х-бензальдегидах барьер внутреннего вращения убывает в ряду  $H > CH_3 > Cl$ .

#### Список литературы

1. Дашевский В. Г. Конформационный анализ органических молекул / В. Г. Дашевский. – М.: Химия, 1982. – 272 с.
2. Внутреннее вращение молекул / Под ред. В. Дж. Орвилл-Томаса. – М.: Мир, 1977. – 510 с.
3. Шейх-Заде М. И. О влиянии электронных эффектов заместителей на барьеры внутреннего вращения в пара-замещённых фенола / М. И. Шейх-Заде, С. В. Абхаирова // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7(73), №2. – С. 238–245.
4. Kakar R. K. Microwave spectrum of benzaldehyde / R. K. Kakar, E. A. Rinehart, C. R. Quade, T. Kojima // J. Chem. Phys. – 1970. – Vol. 52, № 3. – P. 3803–3813.

5. Марголин Л. Н. Вычисление приведённых моментов инерции для внутреннего вращения в симметричных молекулах / Л. Н. Марголин, Ю. А. Пентин, В. И. Тюлин // *Опт. и спектр.* – 1973. – Т. 35, № 5. – С. 824–827.
6. Zenkin A. A. Automated control system for models of molecular systems. Some rotational spectroscopy problems solved for methyl or halo acroleins and benzaldehydes / A. A. Zenkin, L. N. Margolin, Yu. A. Pentin, V. I. Tyulin // *J. Mol. Struct.* – 1975. – Vol. 29. – P. 65–79.
7. Свердлов Л. М. Колебательные спектры многоатомных молекул / Л. М. Свердлов, М. А. Ковнер, Е. П. Крайнов. – М.: Наука, 1970. – 560 с.
8. Miller F. A. Far infrared spectroscopy / F. A. Miller. In: *Molecular spectroscopy*. Ed. P. Hepple. – London, 1968. – P. 5–28.
9. Финч А. Применение длинноволновой ИК-спектроскопии в химии / А. Финч, П. Гейтс, К. Редклиф [и др.]. – М.: Мир, 1973. – 284 с.
10. Goldstein S. Mathieu functions / S. Goldstein // *Trans. Cambr. Phil. Soc.* – 1927. – Vol. 23, № 11. – P. 303–336.
11. Глебова Л. А. Колебательная структура УФ-спектра и потенциал внутреннего вращения бензальдегида / Л. А. Глебова, Ю. А. Пентин, В. И. Тюлин // *Вестник МГУ. Сер. Химия.* – 1980. – Т. 21, №1. – С. 22–26.
12. Campagnaro G. E. The vibrational spectra and origin of torsional barriers in some aromatic systems / G. E. Campagnaro, J. L. Wood // *J. Mol. Struct.* – 1970. – Vol. 6. – P. 117–132.

## **INTERNAL ROTATION IN BENZALDEHYDE AND IN SOME ITS DERIVATIVES**

*Sheikh-Zade M.-I.*

*Fevzi Yakubov Crimean Engineering and Pedagogical University, Simferopol, Crimea,  
Russia Federation  
E-mail: tospcrimea@gmail.com*

Using the geometrical data of benzaldehyde and 4-Cl-, 4-CH<sub>3</sub>-benzaldehyde molecules, the reduced moment of inertia of this molecules relative the axis of internal rotation is calculated. In solving the problem of internal rotation in benzaldehyde and 4-Cl-, 4-CH<sub>3</sub>-benzaldehydes, the following assumption were made: 1 – a semi-rigid molecule model was used, when a rigid top performs a retarded internal rotation relative to a rigid framework; 2 – the value of the rotation constant  $F=h^2/(8\pi^2 \cdot I_r)$  does not depend on the angle of the internal rotation  $\alpha$  and on the torsional quantum number  $\nu$ ; 3 – torsional vibrations do not interact with other vibrations of the molecule. With these assumption and using experimental data of frequency of the torsional transition 0→1, the potential function of the internal rotation  $V(\alpha)=V_2 \cdot (1-\cos 2\alpha)/2$  for benzaldehyde and 4-Cl-, 4-CH<sub>3</sub>-benzaldehydes and the values of the torsional energy levels  $E_0$  and  $E_1$  were calculated from solving the Mathieu equation. Value of the height of the barrier of internal rotation in this molecules where obtained.

It is noted that the values of the torsional vibration frequencies  $\tau$  depend on the phase state of the substance in which this values were obtained. For example, for benzaldehyde  $\tau=111 \text{ cm}^{-1}$  in the gas phase and  $\tau=132 \text{ cm}^{-1}$  in the liquid phase. This leads to the fact that

the value of the parameter  $V_2$  of the potential function of internal rotation for benzaldehyde is equal to  $1690\text{ cm}^{-1}$  in the gas phase and  $2370\text{ cm}^{-1}$  in the liquid phase.

The difference in the values of  $V_2$  in the studied 4-X-benzaldehydes was explained by the influence of electronic effects of X-substituents. It is shown that influence of the X-substituents in 4-X-benzaldehydes is more significant than in 4-X-phenols. In 4-X-benzaldehydes, the values of the parameter  $V_2$  decreases in the series  $\text{H} > \text{CH}_3 > \text{Cl}$ .

**Keywords:** benzaldehydes, internal rotation, potential function, substituents, electronic effects.

### References

1. Dashevskii V. G. *Conformational analysis of organic molecules*, 272 p. (Chemistry, Moscow, 1982). (in Russ.).
2. *Internal rotation in molecules*, Ed. Orville-Thomas W.J., 510 p. (Mir, Moscow, 1977). (in Russ.).
3. Sheikh-Zade M. I., Abkhairova S. V. About influence of substituents electronic effects on the barriers of internal rotation in *para*- substituted phenols, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **7**(2), 238 (2021). (in Russ.)
4. Kakar R. K., Rinehart E. A., Quade C. R., Kojima T. Microwave spectrum of benzaldehyde, *J. Chem. Phys.*, **52**(3), 3803(1970).
5. Margolin L. N., Pentin Yu. A., Tyulin V. I., Calculation of reduced moments of inertia for internal rotation in symmetric molecules, *Opt. and Spectr.*, **35**(5), 824 (1973). (in Russ.).
6. Zenkin A. A., Margolin L. N., Pentin Yu. A., Tyulin V. I., Automated control system for models of molecular systems. Some rotational spectroscopy problems solved for methyl or halo acroleins and benzaldehydes, *J. Mol. Struct.*, **29**, 65 (1975).
7. Sverdlov L. M., Kovner M. A., Krajinov E. P., *Vibrational spectra of polyatomic molecules*, 560 p. (Nauka, Moscow, 1970). (in Russ.).
8. Miller F. A. *Far infrared spectroscopy*. In: *Molecular spectroscopy*. Ed. P. Hepple, p.5 (London, 1968).
9. Finch A., Gates P. N., Radcliffe K., Dickson F. N., Bentley F. F., *Chemical applications of far infrared spectroscopy*, 284 p. (Mir, Moscow, 1973). (in Russ.).
10. Goldstein S. Mathieu functions, *Trans. Cambr. Phil. Soc.*, **23**(11), 303(1927).
11. Glebova L. A., Pentin Yu. A., Tyulin V. I., Vibrational structure of the UV-spectrum and potential of internal rotation of benzaldehyde, *Bull. of Moscow State University. Chemistry*, **21**(1), 22(1980). (in Russ.).
12. Campagnaro G. E., Wood J. L., The vibrational spectra and origin of torsional barriers in some aromatic systems, *J. Mol. Struct.*, **6**, 117 (1970).

**УДК 547.918:543.42:615.074**

**DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-302-308**

## **ТРИТЕРПЕНОВЫЕ САПОНИНЫ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА ПЛЮЩА СИРОП**

**Яковишин Л. А.<sup>1</sup>, Гришковец В. И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия*

<sup>2</sup>*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)  
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь,  
Россия*

*E-mail: chemsevntu@rambler.ru*

Из лекарственного препарата Плюща сироп выделена сумма тритерпеновых сапонинов. Методом ТСХ показано, что в нем содержатся 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозид ( $\alpha$ -хедерин) и 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозидовый эфир хедерагенина (хедерасапонин С). Проведено сравнение гликозидного состава препарата с экстрактом листьев плюща обыкновенного *Hedera helix* L. и импортными лекарственными средствами на основе плюща.

**Ключевые слова:** тритерпеновые сапонины, плющ обыкновенный, Плюща сироп,  $\alpha$ -хедерин, хедерасапонин С, ТСХ, ИК-Фурье-спектроскопия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Фитопрепараты, содержащие экстракты листьев плюща обыкновенного (вьющегося) *Hedera helix* L. (семейство Araliaceae Juss.), широко используются для лечения кашля [1–3]. Известно, что плющ обыкновенный содержит тритерпеновые гликозиды [1, 4]. Среди них в листьях преобладает сапонин 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозид хедерагенина (хедерасапонин С, гедерасапонин С, хедеракозид С, гедеракозид С; рис. 1).

Недавно на российском фармацевтическом рынке появилось отечественное лекарственное средство Плюща сироп (производитель ЗАО «ВИФИТЕХ»), выпускаемое во флаконах и саше [5–8]. Активным компонентом препарата является экстракт листьев плюща обыкновенного, содержащий 6,75 % гедеракозида С в пересчете на сухое вещество. Экстрагирование проводится смесью 50 % этанола и пропиленгликоля (98:2 по массе). В качестве вспомогательных веществ в состав средства входят: макрогола глицерилгидроксистеарат (полиоксил-40-гидрогенизированное касторовое масло), анисовое масло эфирное, гидроксипропилцеллюлоза (гизтеллоза), сорбитол жидкий (некристаллизующийся), пропиленгликоль, глицерин и вода очищенная [5–8]. Препарат обладает отхаркивающим, муколитическим и бронхоспазмолитическим действием [5–8].

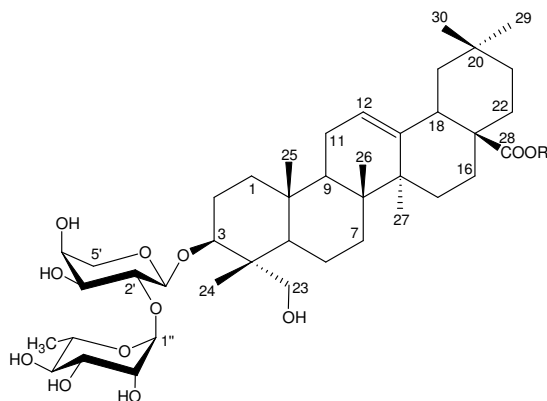


Рис. 1.  $\alpha$ -Хедерин ( $R = H$ ) и хедерасапонин С ( $R = \leftarrow\beta\text{Glc}p-(6\leftarrow 1)-\beta\text{Glc}p-(4\leftarrow 1)-\alpha\text{Rha}p$ ).

Количественный анализ препарата проводится ВЭЖХ [9, 10]. Ранее было проведено исследование тритерпеновых сапонинов ряда лекарственных средств на основе листьев плюща [11–13]. Данная статья посвящена выделению суммы тритерпеновых сапонинов из данного лекарственного препарата и их анализу методом ТСХ.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали образец лекарственного препарата Плюща сироп, флакон 100 мл (производитель ЗАО «ВИФИТЕХ», Россия; регистрационное удостоверение № ЛП-006464).

*Получение и ТСХ-анализ суммы тритерпеновых сапонинов.* К 1 мл лекарственного средства приливали 1 мл *n*-бутанола, предварительно насыщенного водой. Смесь перемешивали в течение 20 мин и оставляли для расслоения жидкостей. Экстракцию проводили при 40 °С. Верхний (водно-спиртовой) слой отделяли и далее анализировали на наличие тритерпеновых гликозидов методом восходящей ТСХ.

К 0,5 г измельченных сухих листьев плюща обыкновенного *Hedera helix* L. добавляли 8 мл смеси 50 % этанола и пропиленгликоля (98:2 по массе) при комнатной температуре. Смесь перемешивали в течение 20 мин и оставляли для отстаивания. Полученный экстракт анализировали на наличие тритерпеновых гликозидов методом восходящей ТСХ. Растительное сырье собрано в январе 2023 г. в балке Голландия (Севастополь, Крым).

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  $\text{CHCl}_3$ – $\text{CH}_3\text{OH}$ –25 % водный  $\text{NH}_3$  (100:40:4 по объему). Элюирование двукратное. Величина  $R_f$  хедерасапонина С составляет 0,14, а  $\alpha$ -хедерина – 0,61 (для трех параллельных экспериментов; погрешность определения  $R_f \pm 0,01$ –0,03).

Вещества в экстрактах идентифицировали с заведомыми образцами тритерпеновых гликозидов известного строения [11–13]. Детектирование сапонинов на пластинках осуществляли 0,2 % раствором *пара*-оксибензальдегида в 1 М растворе серной кислоты [14]. Пластины после обработки реагентом нагревали до 100 °С при помощи нагревательного устройства для сушки пластин УСП-1М («Имид», Россия).

*ИК-Фурье-спектроскопия.* Лекарственное средство для съемки спектров использовали без предварительной подготовки. ИК-спектры получены на ИК-Фурье-спектрометре ФТ-801 (СИМЕКС, Россия). Для работы с ИК-спектрометром ФТ-801 использовали программу ZaIR 3.5 (СИМЕКС, Россия). Съемку спектров осуществляли в специальной жидкостной кювете с регулируемой толщиной слоя исследуемой жидкости (СИМЕКС, Россия). Спектры получены в области 4000–550  $\text{cm}^{-1}$  (спектральное разрешение 4  $\text{cm}^{-1}$ ; 50 сканов).

*ИК-спектр препарата Плюща сироп* ( $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): 3383 (ОН), 2973 (СН), 2941 (СН), 2892 (СН), 1649 (Н–О–Н, С=О, С=C), 1421 (СН), 1336 (СН), 1236 (СН), 1132 (С–О–С, С–ОН), 1082 (С–О–С, С–ОН), 1044 (С–О–С, С–ОН), 924 (моносахаридное кольцо), 838 (СН), 677 (Н–О–Н, ОН).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Хроматографический анализ.* Сапонины из препарата Плюща сироп извлекали *n*-бутанолом, насыщенным водой. Полученный экстракт по данным ТСХ содержит в основном только два тритерпеновых гликозида. Они были идентифицированы по своей хроматографической подвижности и сине-фиолетовому цвету зон после обработки пластин детектирующим реагентом (*пара*-оксибензальдегид– $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозиду ( $\alpha$ -хедерину,  $\alpha$ -гедерину) и 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозиду хедерагенина (хедерасапонину С) (рис. 1).

В этанольно-пропиленгликольном экстракте листьев плюща обыкновенного присутствуют несколько тритерпеновых гликозидов. Среди них имеются монозиды хедерагенина и олеаноловой кислоты, а также преобладающие гликозиды  $\alpha$ -хедерин и хедерасапонин С. При этом в препарате Плюща сироп и этанольно-пропиленгликольном извлечении из листьев наибольшее содержание отмечено у хедерасапонина С.

Аналогично, в сиропах на основе листьев плюща Проспан [11] и Гербион [13], а также в препарате Геделикс капли [12] было установлено наибольшее содержание для  $\alpha$ -хедерина и хедерасапонина С с преобладанием последнего сапонина. Таким образом, российский лекарственный препарат Плюща сироп по наличию доминирующих тритерпеновых гликозидов не отличается от указанных зарубежных средств.



*ИК-спектроскопический анализ препарата.* В ИК-спектре сиропа (рис. 2, спектр 1) наблюдается широкая интенсивная полоса поглощения, вызванная валентными колебаниями ассоциированных О–Н-связей при  $3383\text{ см}^{-1}$ .

Полосы поглощения валентных колебаний связей С–Н найдены при  $2973$ ,  $2941$  и  $2892\text{ см}^{-1}$ . Среди них наиболее интенсивна полоса при  $2941\text{ см}^{-1}$ . Полосы поглощения деформационных колебаний СН-связей найдены при  $1421$ ,  $1336$  и  $1236\text{ см}^{-1}$ .

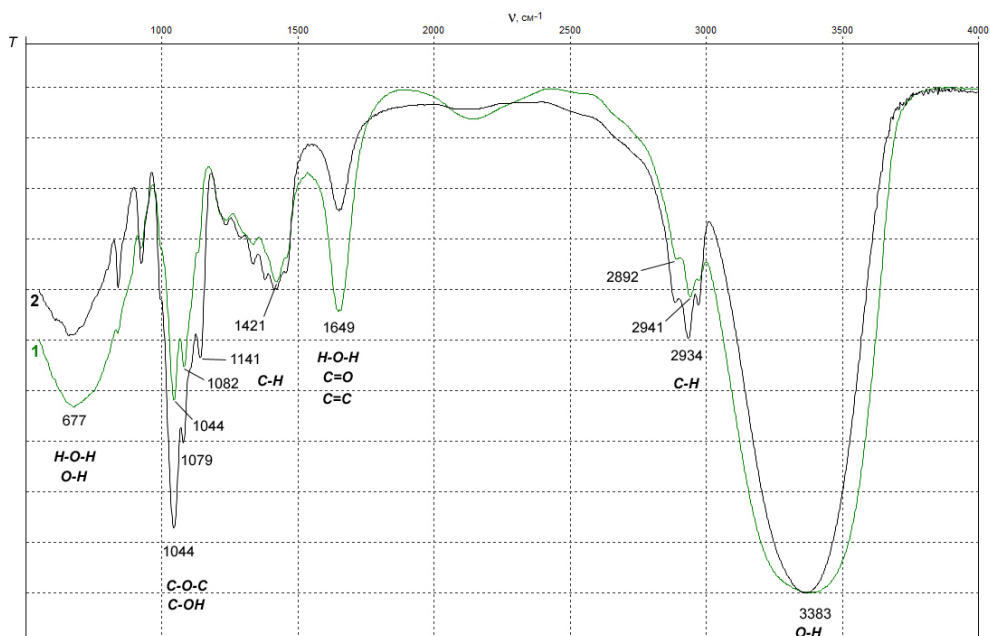


Рис. 2. ИК-спектры лекарственных препаратов Плюща сироп (спектр 1) и Геделикс капли (спектр 2).

Частоты валентных колебаний связей С–О в группах С–ОН и С–О–С составляют  $1132$ ,  $1082$  и  $1044\text{ см}^{-1}$ . При этом полоса поглощения при  $1044\text{ см}^{-1}$  имеет наибольшую интенсивность, что ранее было обнаружено в ИК-спектрах лекарственных средств на основе листьев плюща Геделикс, Пектолван плющ, Гедерин, Гербион и Бронхипрет (рис. 2, спектр 2) [13, 15]. Полоса поглощения колебаний моносахаридных колец гликозидов находится при  $924\text{ см}^{-1}$ .

Полоса поглощения  $1649\text{ см}^{-1}$  относится к деформационным колебаниям молекул воды и валентным колебаниям связей С=О и С=C. Широкая полоса поглощения неплоских деформационных колебаний ассоциированных связей О–Н компонентов препарата и вращательных колебаний воды наблюдается при  $677\text{ см}^{-1}$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из лекарственного препарата Плюща сироп и листьев плюща обыкновенного выделены суммы тритерпеновых гликозидов. Методом ТСХ идентифицированы их основные тритерпеновые сапонины, среди которых наибольшее содержание

установлено для 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозилового эфира хедерагенина (хедерасапонина С).

- По наличию преобладающих тритерпеновых гликозидов российский лекарственный препарат Плюща сироп не отличается от зарубежных средств, содержащих экстракты листьев плюща.

*Работа выполнена на оборудовании Севастопольского государственного университета.*

### Список литературы

- Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
- Розничный рынок препаратов для устранения симптомов простуды и кашля (R05) в России и странах СНГ // Ремедиум. – 2007. – № 8. – С. 62–64.
- Прожерина Ю. Место современных фитопрепаратов в терапии кашля / Ю. Прожерина // Ремедиум. – 2018. – № 10. – С. 17–19.
- 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.
- Плюща сироп 100 мл [Электронный ресурс]. URL: <https://vifiteh.ru/product/93/> (дата обращения: 14.02.2023).
- Плюща сироп саше 2,5 мл [Электронный ресурс]. URL: <https://vifiteh.ru/product/94/> (дата обращения: 14.02.2023).
- Плюща сироп саше 5 мл [Электронный ресурс]. URL: <https://vifiteh.ru/product/92/> (дата обращения: 14.02.2023).
- Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата Плюща сироп [Электронный ресурс]. URL: [https://grls.rosminzdrav.ru/InstrImg/2020/9/25/1461574/%D0%9B%D0%9F-006464\[2020\]\\_0.pdf](https://grls.rosminzdrav.ru/InstrImg/2020/9/25/1461574/%D0%9B%D0%9F-006464[2020]_0.pdf) (дата обращения: 14.02.2023).
- Марченко М. А. Проблемы стандартизации в промышленном производстве лекарственных препаратов природного происхождения: критический анализ и поиск оптимальных решений / М. А. Марченко, И. Н. Зилфикаров, С. А. Постельников // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Т. 146. – С. 186–194.
- Зилфикаров И. Н. Природные лекарственные препараты: химический анализ и стандартизация: Справочное и научно-практическое издание / И. Н. Зилфикаров. – М.: СЛОН ПО, 2021. – 712 с.
- Исследование тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата проспан® / Л. А. Яковишин, М. А. Вожжова, А. Л. Кузнецова, В. И. Гришкова // Журн. орг. и фарм. химии. – 2005. – Т. 3, вып. 1 (9). – С. 57–59.
- Яковишин Л. А. Комплекс тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата Hedelix® / Л. А. Яковишин, В. И. Гришкова // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 417–418.
- Тритерпеновые сапонины лекарственных препаратов Бронхипрет® сироп и Гербион® сироп плюща / Л. А. Яковишин, В. Д. Ратников, П. И. Бажан, В. И. Гришкова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 1 – С. 299–307.
- Яковишин Л. А. Детектирующие реагенты для ТСХ тритерпеновых гликозидов / Л. А. Яковишин // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 419–420.
- Лекарственные препараты на основе плюща: ИК-Фурье-спектроскопический анализ / Л. А. Яковишин, П. И. Бажан, В. Д. Ратников, В. И. Гришкова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 259–267.

## TRITERPENE SAPONINS OF THE MEDICINAL PREPARATION IVY SYRUP

*Yakovishin L. A.<sup>1</sup>, Grishkovets V. I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

<sup>2</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

*E-mail: chemsevntu@rambler.ru*

Phytopreparations containing extracts of ivy leaves *Hedera helix* L. (Araliaceae Juss.) are widely used for cough treatment. Ivy leaves contain triterpene saponins.

Recently, the domestic drug Ivy syrup (manufactured by VIFITEH) has appeared on the Russian pharmaceutical market in vials and sachets. The active ingredient of Ivy syrup is a thick extract of *Hedera helix* leaves.

Triterpene saponins extracted from syrup by water-saturated *n*-butanol and from common ivy leaves by 50 % ethanol–propylene glycol (98:2, m/m). The extracts were analyzed by TLC. According to TLC, the obtained extracts contain several triterpene glycosides. The triterpene glycosides were identified using authentic specimens.

At the same time, 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranoside ( $\alpha$ -hederin) and 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranosyl-28-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranoside of hederagenin (hederasaponin C) were identified. The highest content in Ivy syrup and ethanol–propylene glycol extract of common ivy leaves was observed for hederasaponin C. In terms of the presence of predominant triterpene glycosides, the Russian medicinal preparation Ivy syrup does not differ from foreign products containing extracts of common ivy leaves.

The IR spectra of the preparation Ivy syrup and other ivy drugs are similar. For example, in the IR spectrum of Ivy syrup the frequencies of stretching vibrations of C–O bonds in C–OH and C–O–C groups are 1132, 1082 and 1044 cm<sup>-1</sup>. At the same time, the absorption band at 1044 cm<sup>-1</sup> has the highest intensity, which was previously found in the IR spectra of drugs based on ivy leaves Hedelix, Pectolvan ivy, Hederin, Herbion and Bronchipret.

**Keywords:** triterpene saponins, common ivy, Ivy syrup,  $\alpha$ -hederin, hederasaponin C, TLC, FT-IR spectroscopy.

### References

1. Hostettmann K., Marston A., *Saponins*, 548 p. (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
2. The retail market for drugs to eliminate the symptoms of colds and cough (R05) in Russia and CIS countries, *Remedium*, 8, 62 (2007). (*in Russ.*).
3. Prozherina J., The role of modern herbal remedies in the management of cough, *Remedium*, 10, 17 (2018). (*in Russ.*).
4. 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).
5. *Ivy syrup 100 ml*, <https://vifiteh.ru/product/93/> (Accessed February 14, 2023). (*in Russ.*).
6. *Ivy syrup sachet 2.5 ml*, <https://vifiteh.ru/product/94/> (Accessed February 14, 2023). (*in Russ.*).
7. *Ivy syrup sachet 5 ml*, <https://vifiteh.ru/product/92/> (Accessed February 14, 2023). (*in Russ.*).

8. *Instructions for the medical use of the medicinal preparation Ivy syrup*, [https://grls.rosminzdrav.ru/InstrImg/2020/9/25/1461574/%D0%9B%D0%9F-006464\[2020\]\\_0.pdf](https://grls.rosminzdrav.ru/InstrImg/2020/9/25/1461574/%D0%9B%D0%9F-006464[2020]_0.pdf) (Accessed February 14, 2023). (in Russ.).
9. Marchenko M. A., Zilfikarov I. N., Postelnikov S. A. Problems of standardization in the industrial production of medicinal preparations of natural origin: critical analysis and search of optimum solutions, *Woks of the State Nikit. Botan. Gard.*, **146**, 186 (2018). (in Russ.).
10. Zilfikarov I. N., *Natural medicinal preparations: chemical analysis and standardization: Reference and scientific-practical edition*, 712 p. (Slon PO, Moscow, 2021). (in Russ.).
11. Yakovishin L. A., Vozhzhova M. A., Kuznetsova A. L., Grishkovets V. I., Study of triterpene glycosides of the drug prospan<sup>®</sup>, *Zhurn. Org. Farm. Khim.*, **3** (1), 57 (2005). (in Russ.).
12. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I., Triterpene glycosides of the medicinal preparation Hedelix<sup>®</sup>, *Khim. Prirod. Soedin.*, **5**, 417 (2003). (in Russ.).
13. Yakovishin L. A., Ratnikov V. D., Bazhan P. I., Grishkovets V. I., Triterpene saponins of drugs Bronchipret<sup>®</sup> syrup and Herbion<sup>®</sup> Hedera syrup, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **6** (1) 299 (2020). (in Russ.).
14. Yakovishin L. A., Developers for TLC of triterpene glycosides, *Khim. Prirod. Soedin.*, **5**, 419 (2003). (in Russ.).
15. Yakovishin L. A., Bazhan P. I., Ratnikov V. D., Grishkovets V. I., Ivy-containing drugs: FT-IR spectroscopy analysis, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (3) 259 (2019). (in Russ.).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Александрова  
Асель Биляловна**      Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии, e-mail: adabl@mail.ru
- Алексеева  
Алёна Ильинична**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», обучающаяся второго курса по направлению 06.04.01 Биология, e-mail: alena\_crao2000@mail.ru
- Андреева  
Анита Алексеевна**      Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, младший научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: anitalibelt@yandex.ru
- Багуль  
Мария Дмитриевна**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр 2 курса
- Белоусов  
Виктор Владимирович**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологии
- Богаева  
Елена Андреевна**      ФГБОУ ВО Ростовского государственного медицинского университета Минздрава России, ассистент кафедры Медицинской и биологической физики
- Ботиров  
Эркин Хोजиакбарович**      Институт химии растительных веществ им. акад. С. Ю. Юнусова АН РУз, доктор химических наук, профессор
- Булатова  
Елена Владимировна**      БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», младший научный сотрудник
- Веселова  
Елизавета Артемовна**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», бакалавр 4 курса
- Воронин  
Андрей Алексеевич**      Воронежский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор ботанического сада

<b>Вяткина Оксана Валерьевна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии, e-mail: oksana_vyatkina@list.ru
<b>Гашек Валерия Александровна</b>	Международный аэропорт Челябинск, кандидат биологических наук, инженер по обеспечению орнитологической безопасности полетов, e-mail: gashek_va@mail.ru
<b>Гордиенко Иван Михайлович</b>	Воронежский лесотехнический университет, аспирант
<b>Гришковец Владимир Иванович</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор химических наук, профессор кафедры «Общая химия»
<b>Громенко Виктор Матвеевич</b>	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: grom.v.2019@mail.ru,
<b>Гулакова Наталья Михайловна</b>	БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», младший научный сотрудник,
<b>Гусев Николай Федорович</b>	ФГБОУ ВО Оренбургский государственный аграрный университет, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, природопользования и экологической безопасности
<b>Денисова Янина Вячеславовна</b>	ФГБОУ «Сахалинский государственный университет», кандидат биологических наук, заведующий кафедрой геологии и нефтегазового дела, e-mail: deyan4@mail.ru
<b>Джелдубаева Эльвиза Рашидовна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Елфимова Надежда Сергеевна</b>	Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), заведующий сектором зообентоса
<b>Епишкин Игорь Владимирович</b>	Институт Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», факультет медицинской реабилитации, физической культуры и спорта, кандидат биологических наук, доцент кафедры спорта и физического воспитания

<b>Еременко Виктор Иванович</b>	ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И. И. Иванова», доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой эпизоотологии, радиобиологии и фармакологии, e-mail: vic.eriomenko@yandex.ru
<b>Заболотских Анастасия Дмитриевна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр 1 курса очной формы обучения кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий,
<b>Запорожченко Александра Андреевна</b>	ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет» (НГПУ), бакалавр (биология)
<b>Захаров Валерий Давидович</b>	Ильменский государственный заповедник ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: zakharov50@mail.ru
<b>Захаров Максим Борисович</b>	ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, аспирант ГАПОУ КО Калужский колледж Экономики и технологий, преподаватель, e-mail: katra085@yandex.ru
<b>Ивашов Анатолий Васильевич</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и зоологии, e-mail: aivashov@mail.ru
<b>Кандагура Екатерина Андреевна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр 2 курса
<b>Катков Борис Александрович</b>	Спортивный клуб «Черноморец», г. Севастополь, Россия, e-mail: Sk_chernomorets@mail.ru
<b>Клевцова Марина Александровна</b>	Воронежский государственный университет, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма
<b>Князева Олеся Евгеньевна</b>	Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, старший преподаватель кафедры «Инженерная экология»

<b>Кобечинская Валентина Григорьевна</b>	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
<b>Козлова Анна Павловна</b>	ФГБОУ ВО "НГПУ", кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности
<b>Кольцова Татьяна Геннадьевна</b>	Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: t@koltcov.com
<b>Корж Елена Николаевна</b>	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и химические технологии»
<b>Кравченко Инесса Вячеславовна</b>	БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
<b>Красуцкий Борис Викторович</b>	Челябинский государственный университет, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры общей экологии, e-mail: boris_k.63@mail.ru
<b>Кузнецова Анна Викторовна</b>	Медицинский институт Пензенского государственного университета, кандидат химических наук, доцент кафедры «Общая и клиническая фармакология»
<b>Кулагина Валентина Ивановна</b>	Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: viksoil@mail.ru
<b>Лепешкина Лилия Александровна</b>	Воронежский государственный университет, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и земельных ресурсов
<b>Макарова Татьяна Анатольевна</b>	БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник
<b>Малкова Тамара Леонидовна</b>	ФГОУ ВО Пермская государственная фармацевтическая академия, кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующая кафедрой токсикологической химии
<b>Моисеева Инесса Яковлевна</b>	Медицинский институт Пензенского государственного университета, доктор медицинских наук, декан лечебного факультета



<b>Мулюкин Максим Александрович</b>	БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», младший научный сотрудник
<b>Ольга Николаевна Немерешина</b>	ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии
<b>Партыка Анастасия Александровна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», бакалавр 4 курса
<b>Погодина Светлана Владимировна</b>	Институт Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», факультет медицинской реабилитации, физической культуры и спорта, доктор биологических наук, доцент кафедры спорта и физического воспитания
<b>Полубояринов Павел Аркадьевич</b>	Медицинский институт Пензенского государственного университета, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Общая и клиническая фармакология»
<b>Попова Александра Максимовна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр 1 курса направления подготовки 06.04.01 биология
<b>Попова Яна Павловна</b>	ФГБОУ «Сахалинский государственный университет», кандидат географических наук, доцент кафедры геологии и нефтегазового дела, e-mail: yana-b@inbox.ru
<b>Просяникова Ирина Борисовна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
<b>Романова Анна Николаевна</b>	ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой медико-биологических дисциплин, e-mail: romanovaannic@gmail.com
<b>Романчук Роман Викторович</b>	Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета, кандидат биологических наук, ассистент кафедры зоологии; Ростовский филиал ФГБУ «ВНИИКР», агроном испытательной лаборатории

<b>Ротмистровская Елена Геннадьевна</b>	ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет», доцент кафедры нормальной физиологии, кандидат биологических наук, e-mail: rotmistrovskaya.lena@mail.ru
<b>Рязанов Станислав Сергеевич</b>	Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: RStanislav.soil@yandex.ru
<b>Сабирова Надежда Дмитриевна</b>	Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: deyan4@mail.ru
<b>Самойленко Зоя Анатольевна</b>	БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник,
<b>Семенова Елена Федоровна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, профессор кафедры фармации
<b>Семенченко Ксения Геннадьевна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр 2-го года обучения
<b>Сидякин Андрей Иванович</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
<b>Симонова Ольга Ивановна</b>	Горно-Алтайский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности
<b>Соболев Валерий Иванович</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры здоровья и реабилитации, e-mail: v.sobolev@mail.ru
<b>Сосновский Егор Сергеевич</b>	Медицинский институт Пензенского государственного университета, студент 5 курса специальности "Фармация"
<b>Суботялов Михаил Альбертович</b>	ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет» (НГПУ), доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», доцент кафедры фундаментальной медицины

- Суворова  
Вера Николаевна** ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И. И. Иванова», кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии, радиобиологии и фармакологии, e-mail: veravet2016@yandex.ru
- Сышко  
Дмитрий  
Владимирович** Институт Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», декан факультета медицинской реабилитации, физической культуры и спорта, e-mail: syshko@list.ru
- Трибрат  
Наталья Сергеевна** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Труш  
Вера Владимировна** ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой физиологии человека и животных, e-mail: ver.trush@yandex.ru
- Туманянц  
Каринэ Николаевна** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, директор Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика», e-mail: timur328@gmail.com
- Хоменко  
Олег Владимирович** Спортивный клуб «Черноморец», г. Севастополь, Россия, e-mail:Sk\_chernomorets@mail.ru
- Чистотин  
Даниил Игоревич** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», бакалавр 4 курса кафедры «Общая химия»
- Чмелёва  
Светлана Ивановна** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
- Шагидуллин  
Рифгат Роальдович** Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, член-корреспондент АН РТ, доктор химических наук, директор, e-mail: shagidullin@mail.ru
- Шейх-Заде  
Мамет-Исмет** ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова», кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Электромеханика и сварка»

**Юферев  
Владимир Сергеевич**

Институт Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», факультет медицинской реабилитации, физической культуры и спорта, кандидат биологических наук, доцент кафедры спорта и физического воспитания

**Якименко  
Владимир Сергеевич**

Спортивный клуб «Черноморец», г. Севастополь, Россия, e-mail:Sk\_chernomorets@mail.ru

**Яковишин  
Леонид Александрович**

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и химические технологии»

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Белоусов В. В., Чмелёва С. И., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р.,  
Туманянц К. Н., Попова А. М.**

ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ *AZOSPIRILLUM FORMOSENSE* НА РОСТ И РАЗВИТИЕ  
*TRITICUM DURUM* DESF. НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА.....3

**Гашек В. А., Захаров В. Д., Красуцкий Б. В.**

ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ И ЛЕТНЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ООПТ НЯЗЕПЕТРОВСКОГО РАЙОНА (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)..... 14

**Гордиенко И. М., Лепешкина Л. А., Воронин А. А., Клевцова М. А.**

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ  
*NELUMBO KOMAROVII* GROSSH. ВО ВТОРИЧНОМ ЛЕСОСТЕПНОМ АРЕАЛЕ...38

**Громенко В. М., Ивашов А. В., Кобечинская В. Г., Алексеева А. И.**

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ  
НАСАЖДЕНИЙ ГЛЕДИЧИИ ТРЕХКОЛЮЧКОВОЙ (*GLEDITSIA TRIACANTHOS* L.) В  
ПРЕДГОРНОМ КРЫМУ .....53

**Денисова Я. В., Сабирова Н. Д., Попова Я. П.**

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ *RUBUS PSEUDOSHAMAEOMORUS*  
(ROSACEAE) НА ОСТРОВЕ САХАЛИН.....69

**Еременко В. И., Ротмистровская Е. Г.**

ЛИПИДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У РАСТУЩИХ ТЕЛОЧЕК РАЗНЫХ ПОРОД ...76

**Еременко В. И., Ротмистровская Е. Г., Суворова В. Н.**

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ У КРУПНОГО  
РОГАТОГО СКОТА РАЗНЫХ ПОРОД В ОНТОГЕНЕЗЕ .....85

**Запорожченко А. А., Суботьялов М. А.**

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ  
*WITHANIA SOMNIFERA*.....93

**Запорожченко А. А., Суботьялов М. А.**

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ *ZINGIBER*  
*OFFICINALE* .....102

**Захаров М. Б., Романова А. Н.**

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИЦ ЖЕНСКОГО ПОЛА 15-21 ГОДА  
Г. КАЛУГА .....112

**Князева О. Е., Сосновский Е. С., Мусеева И. Я., Кузнецова А. В.,**

**Полубояринов П. А., Семенова Е. Ф.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ  
БИОМАССЫ, БЕЛКОВЫЙ И ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ХЛОРЕЛЛЫ ..... 119

**Козлова А. П., Суботьялов М. А.**

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАЛЬЧИКОВ НОВОСИБИРСКА В  
ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОМАТОТИПА .....131

<b>Кулагина В. И., Александрова А. Б., Рязанов С. С., Шагидуллин Р. Р., Андреева А. А., Кольцова Т. Г.</b> ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ РАИФСКОГО УЧАСТКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА .....	143
<b>Немерешина О. Н., Гусев Н. Ф., Малкова Т. Л.</b> О СОДЕРЖАНИИ ТЕРПЕНОВ В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ЮЖНОГО УРАЛА .....	159
<b>Погодина С. В., Юферев В. С., Епишкин И. В.</b> РЕГУЛЯТОРНЫЕ МАРКЕРЫ ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ СПОРТСМЕНОВ .....	171
<b>Просьянникова И. Б., Заболотских А. Д.</b> ФИТОТРОФНАЯ ОБЛИГАТНО-ПАЗАРИТНАЯ МИКОБИОТА КОМПЛЕКСНОГО ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «УЧАСТОК ДУБОВЫХ РОЩ "ДУБКИ"» .....	183
<b>Романчук Р. В., Богаетва Е. А., Елфимова Н. С.</b> КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ АКАДЕМИИ БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ ИМ. Д. И. ИВАНОВСКОГО ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА. СООБЩЕНИЕ 3. ОТРЯД ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ – LEPIDOPTERA, СЕМЕЙСТВО ПАРУСНИКИ – PAPILIONIDAE .....	198
<b>Семенченко К. Г., Трибрат Н. С.</b> ВЛИЯНИЕ ИЗОЛИРОВАННОГО И КОМБИНИРОВАННОГО ПРИЕМА АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И РЕСВЕРАТРОЛА НА РАЗВИТИЕ ТРЕВОЖНОСТИ У КРЫС .....	214
<b>Симонова О. И.</b> ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ У СТУДЕНТОВ В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ОБУЧЕНИЮ В УСЛОВИЯХ СПО .....	227
<b>Труш В.В., Соболев В.И.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ АРГИНИНА, УМЕРЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ИХ КОМБИНАЦИИ В КОМПЕНСАЦИИ НАРУШЕНИЙ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ, ВЫЗВАННЫХ ВВЕДЕНИЕМ ДЕКСАМЕТАЗОНА .....	235
<b>Хоменко О. В., Катков Б.А., Якименко В.С., Сышко Д.В.</b> ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ .....	249
<b>Черепанова М. О., Суботялов М. А.</b> АНТИОКСИДАНТНАЯ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ALLIUM SATIVUM .....	258
<b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	
<b>Вяткина О. В., Партыка А. А., Веселова Е. А., Багуль М. Д., Кандагура Е. А.</b> КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА И РАСТИТЕЛЬНОЙ ПЕРОКСИДАЗЫ .....	266
<b>Гришковец В. И., Чистотин Д. И., Яковичин Л. А., Корж Е. Н.</b> ВЛИЯНИЕ ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА .....	279

<b>Мулюкин М. А., Булатова Е. В., Кравченко И. В., Самойленко З. А., Макарова Т. А., Гулакова Н. М., Ботиров Э. Х.</b>	
СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА <i>ARTEMISIA DRACUNCULUS</i> L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ .....	285
<b>Шейх-Заде М. И.</b>	
ВНУТРЕННЕЕ ВРАЩЕНИЕ В МОЛЕКУЛАХ БЕНЗАЛЬДЕГИДА И НЕКОТОРЫХ ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ .....	297
<b>Яковшин Л. А., Гришковец В. И.</b>	
ТРИТЕРПЕНОВЫЕ САПОНИНЫ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА ПЛЮЩА СИРОП.....	302
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....</b>	309
<b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>	317