

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

Том 6 (72), № 2

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

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2020

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

**Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
Печатается по решению Научно-технического совета Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского, протокол № 1 от 5 марта 2020 г.**

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук, отрасль науки 03.02.00 – общая биология, 03.03.00 – физиология,
02.00.00 – химические науки, дата включения – 12.07.2017, а также в систему «Российский индекс
научного цитирования» (РИНЦ)

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

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

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

Технический редактор – Ярмолюк Н. С., к. б. н., доц.

Раздел «Биология»:

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

Раздел «Химия»:

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

Подписано в печать 20.03.2020. Формат 70x100 1/16.

Заказ № НП/126. Тираж 50. Индекс, цена.

Дата выхода в свет «__» _____ 2020 г.

Отпечатано в управлении редакционно-издательской деятельности

ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»

Адрес редакции, издательства и типографии:

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

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

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Биология. Химия. Том 6 (72). 2020. № 2. С. 3–12.

УДК [612.64.014.46.+612.216.014.46+612.284]:57.0898

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-3-12

ЭФФЕКТ ПРЕНАТАЛЬНОГО ПАССИВНОГО КУРЕНИЯ НА ХОЛИНЕРГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ МОДУЛИРОВАНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОГО РИТМА У НОВОРОЖДЕННЫХ КРЫС (IN VITRO)

Болычевский С. Е., Зинченко Е. А., Мирошниченко И. В.

*ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия
E-mail: singlsb@gmail.com*

Как активное, так и пассивное курение увеличивает риск возникновения внезапной смерти новорождённых. В связи с этим интенсивно изучается влияние хронической инфузии никотина, как одного из ведущих нейрогенных факторов табачного дыма на холинергические механизмы регуляции дыхания у новорождённых. В данной работе с использованием фумигационной модели пассивного курения, проверялось предположение о том, что пассивное курение, перенесенное в пренатальном периоде, изменяет выраженность опосредованного через никотиновые рецепторы активирующего влияния холинергической системы ствола мозга на процессы генерации электрической активности респираторной нейронной сети. Установлено, что фумигация табачным дымом беременных крыс снижает у их потомства чувствительность респираторной нейронной сети к действию экзогенного никотина и повышает участие тонического холинергического влияния, опосредованного никотиновыми холинергическими рецепторами в модуляции дыхательного ритма.

Ключевые слова: дыхательный центр, in vitro, пассивное курение, бульбоспинальный препарат, холинергические рецепторы.

ВВЕДЕНИЕ

Курение беременных, как активное, так и пассивное, увеличивает риск наступления внезапной смерти у детей в возрасте от одного месяца до года [1]. Хроническое пренатальное воздействие никотина усиливает экспрессию никотиновых холинергических рецепторов (НХР) в нервной системе млекопитающих [2]. НХР участвуют в активирующей модуляции глутаматергических межнейронных синаптических связей в пре-Бетзингеровом комплексе, а также мотонейронах ядра подъязычного и диафрагмального нервов [3]. Блокада физостигмином ацетилхолинэстеразы вызывает увеличение частоты генерации, амплитуды и продолжительности респираторных разрядов, регистрируемых с корешка подъязычного нерва среза продолговатого мозга, содержащего пре-Бетзингеров комплекс в условиях in vitro [4].

Одновременно с феноменом up-regulation НХР, хроническое пренатальное воздействие никотина ускоряет их десенситизацию и замедляет последующее функциональное восстановление [5]. В исследованиях *in vitro* с использованием препаратов мозга в форме бульбоспинальных блоков или срезов, содержащих пре-Бетзингеров комплекс, полученных от новорождённых грызунов, перенесших в пренатальном периоде хроническое воздействие никотина, выявлено снижение выраженности респираторной реакции на экзогенный никотин [5]. Пренатальная хроническая инфузия никотина снижает модулирующее влияние никотина на параметры респираторной активности мотонейронов ядра XII пары черепно-мозговых нервов [1]. Предполагается, что обнаруженное нарушение холинергической модуляции генерации дыхательного ритма и паттерна может лежать в основе патогенеза внезапной младенческой смерти.

Респираторная нейронная сеть ствола мозга получает тоническое активирующее холинергическое влияние [4]. Однако, нет однозначного ответа о том какие холинергические рецепторы опосредуют активирующее тоническое влияние эндогенного ацетилхолина на респираторную сеть ствола мозга. Hatori E. с соавт. (2006) приводят данные о том, что тоническое активирующее холинергическое влияние на респираторную активность опосредовано именно НХР [6]. Однако, в своём исследовании Coddou C. с соавт. [7] подтверждает участие только мускариновых холинергических рецепторов (МХР) в реализации тонического холинергического влияния на генерацию дыхательного ритма и не обнаруживает значимых изменений в нем после хронической пренатальной инфузии никотина.

Цель работы: учитывая существенность изменений как в функциональном состоянии НХР так и их количества, вызванных хроническим пренатальным введением никотина и их широкую вовлеченность в модулирование респираторной активности у новорожденных в данном исследовании проверялось предположение о том, что пренатальное пассивное курение может изменять выраженность и характер опосредованного через НХР тонического активирующего модулирующего влияния холинергической системы продолговатого мозга на процессы генерации инспираторного ритма и паттерна активности респираторной нейронной сети *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использованы данные, полученные от 40 изолированных бульбоспинальных препаратов (БСП) мозга новорожденных (возраст 0-1 сутки) белых беспородных крыс. Экспериментальную группу составили 22, а контрольную 18 препаратов. После датирования беременности, самки с 1 по 20 сутки содержались в вентилируемых (95 м³/час) герметичных камерах ($V = 0,374 \text{ м}^3$). Самки экспериментальной группы (ПК) 5 дней в неделю подвергались фумигации сигаретным дымом. Фумигация осуществлялась каждые 60 минут дымом, полученным от 1 тлеющей сигареты, с 9-00 до 17-00 местного времени. Концентрация твёрдых взвешенных частиц в воздухе при фумигации составляла 1 мг/м³. Гермокамеры с самками контрольной группы (НК) вентилировались только атмосферным воздухом.

БСП были получены по методике, описанной Suzue T. (1984) [8]. Во время препаровки мозг орошали искусственной цереброспинальной жидкостью температурой 4 °С, насыщенной газовой смесью 5 % CO₂ и 95 % O₂, pH 7,3–7,4.

По окончании препаровки температура перфузата постепенно повышалась до +25 °С, и препарат помещался в регистрационную камеру, объемом 3 мл. Перфузию препарата в камере проводили со скоростью 3 мл/мин. Электрическая активность вентральных корешков сегментов C₃–C₅ отводилась с помощью всасывающего электрода. После записи фоновых значений, в перфузат добавляли селективный блокатор Н-холинорецепторов (мекамиламин) и селективный агонист Н-холинорецепторов (никотин), в концентрациях 100 мкМ/л и 0,5 мкМ/л соответственно.

При обработке нейрограмм измерялись продолжительность цикла респираторной активности (с), продолжительность (с) и амплитуда инспираторных разрядов (мкВ).

Спектральный анализ разрядов производился с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье. В спектрограммах респираторных разрядов выделялись максимальные пики в низко- (1–10 Гц) и среднечастотном (10–50 Гц) диапазонах. Для описания пиков спектра респираторных разрядов использовались следующие параметры: частота пика (Гц) и спектральная плотность мощности (СПМ) пика (относительные единицы). Показатели спектральных характеристик рассчитывались на основании данных, полученных от 10 спектрограмм последовательных инспираторных разрядов.

Анализ статистических различий производился с помощью t–теста Стьюдента для средних величин. Различия считались достоверными при p<0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами результаты подтверждают наличие у экзогенного никотина (0,5 мкМ/л) мощного активирующего влияния на частоту генерации, амплитуду и продолжительность инспираторных разрядов БСП мозга новорожденных крыс контрольной группы. Установлено, что увеличение амплитуды инспираторных разрядов сопровождается ростом спектральной плотности мощности в среднечастотном диапазоне их спектрограмм (рисунок 1А; 3). У БСП мозга новорожденных крыс, перенёвших пренатальное воздействие табачного дыма, экзогенный никотин увеличивал только частоту генерации инспираторных разрядов, при этом выраженность укорочения продолжительности респираторного цикла уменьшалась по сравнению с контрольными данными (37 % и 50,7 % соответственно) (рисунок 1Б; 1В). Амплитуда инспираторных разрядов и мощность среднечастотных осцилляций под действием экзогенного никотина у БСП опытной группы существенно снижалась, а продолжительность разряда значимых изменений не претерпевала (рисунок 1А; 1Б; 3).

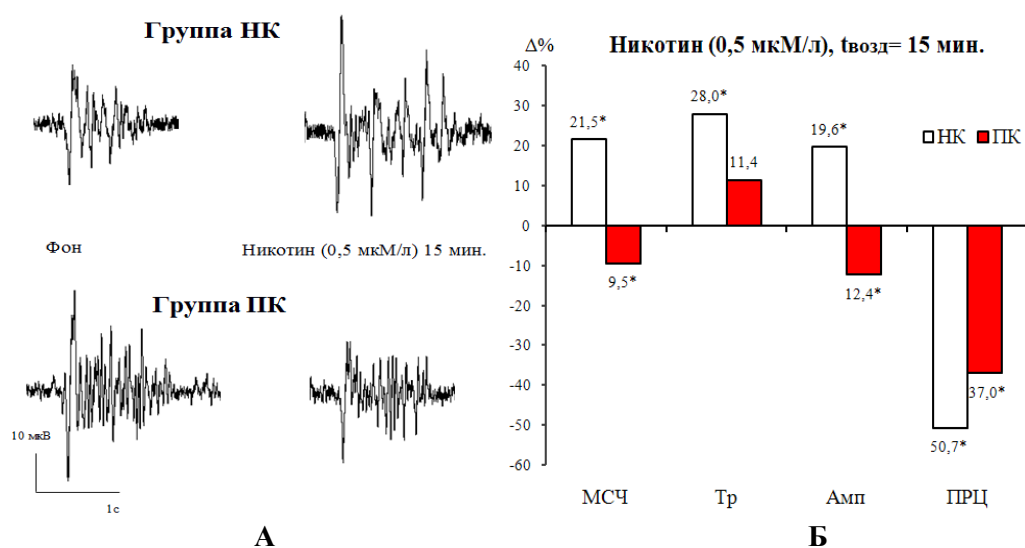


Рис. 1 А; 1 Б. Изменение параметров респираторной активности, регистрируемой с вентральных корешков С₃-С₄ БСП новорождённых крыс групп ПК и НК при фармакологической стимуляции никотиновых холинорецепторов.
 Примечание 1: * – достоверность различий параметров, $p < 0,05$;
 Примечание 2: Амп – амплитуда инспираторного разряда; ПРЦ – продолжительность респираторного цикла; Тр – продолжительность инспираторного разряда; МСЧ – спектральная плотность мощности в среднечастотном диапазоне.

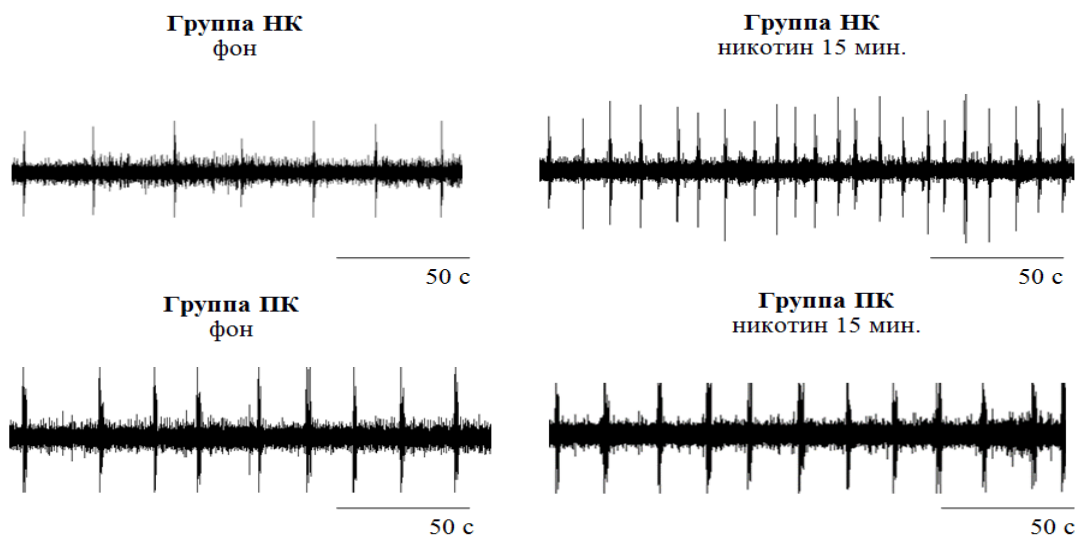


Рис. 1 В. Изменение параметров респираторной активности, регистрируемой с вентральных корешков С₃-С₄ БСП новорождённых крыс групп ПК и НК при фармакологической стимуляции никотиновых холинорецепторов.

Мекамилламин (100 мкМ/л), селективный блокатор Н-холинорецепторов, добавленный в перфузат БСП контрольной группы, вызвал достоверное увеличение амплитуды и продолжительности инспираторных разрядов, без существенного изменения продолжительности респираторного цикла (рисунок 2А; 2Б). В то же время у БСП мозга новорожденных крыс, перенесших пренатальное воздействие табачного дыма, блокада НХР приводила к увеличению продолжительности респираторного цикла, которое сопровождалось ростом продолжительности инспираторных разрядов, при этом остальные параметры респираторной активности достоверно не изменялись (рисунок 2Б; 2В).

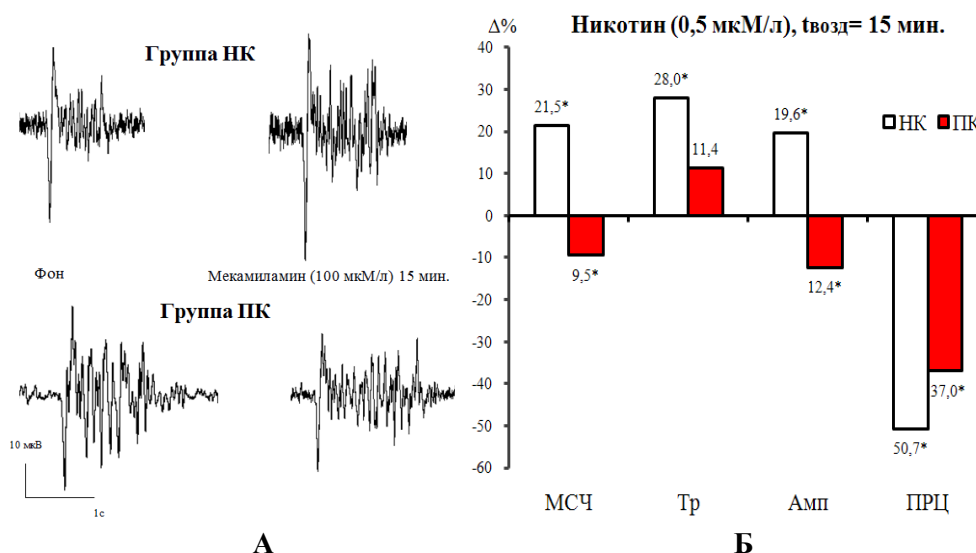


Рис. 2 А, 2 Б. Изменение параметров респираторной активности, регистрируемой с вентральных корешков С₃-С₄ БСП новорождённых крыс групп ПК и НК при фармакологической блокаде никотиновых холинорецепторов.

Примечание1: * – достоверность различий параметров, $p < 0,05$;

Примечание2: Амп – амплитуда инспираторного разряда; ПРЦ – продолжительность респираторного цикла; Тр – продолжительность инспираторного разряда; МСЧ – спектральная плотность мощности в среднечастотном диапазоне.

Представленные результаты исследования показывают, что хроническое пренатальное воздействие табачного дыма, также как инфузия никотина [3], вызывает феномен функционального down-regulation НХР в генерирующей респираторный ритм нейронной сети, которая, как считается, локализуется в пре-Бетзингеровом комплексе [4]. Феномен функционального down-regulation НХР при хроническом воздействии никотина связывают с их быстрой десенситизацией никотином и последующим медленным восстановлением [5].

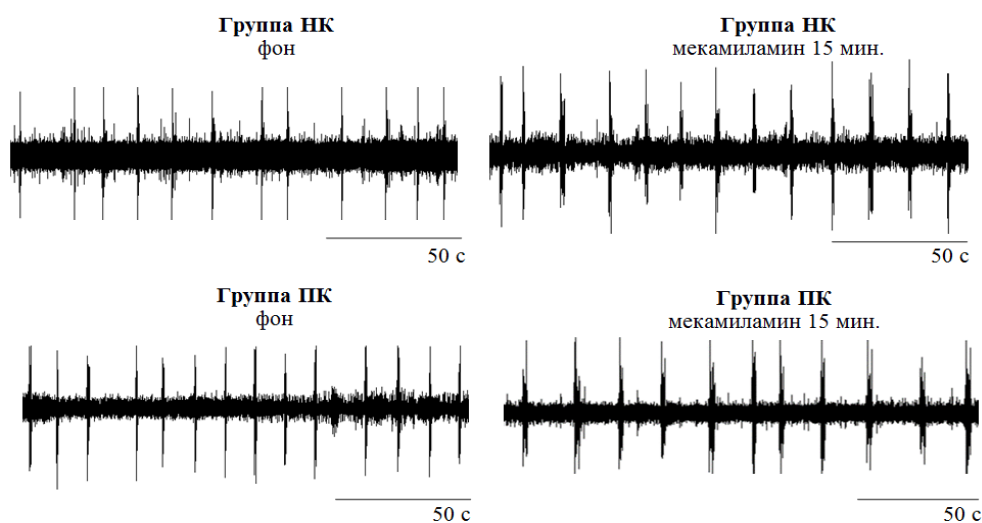


Рис. 2 В. Изменение параметров респираторной активности, регистрируемой с вентральных корешков С₃-С₄ БСП новорождённых крыс групп ПК и НК при фармакологической блокаде никотиновых холинорецепторов.

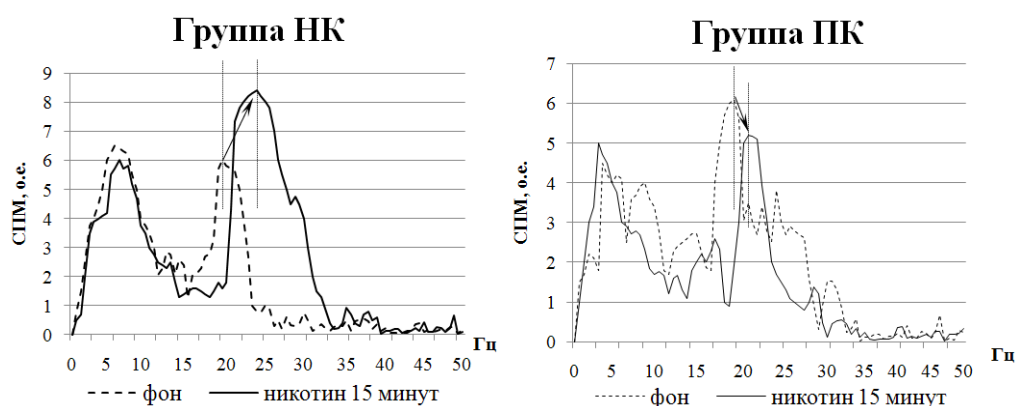


Рис. 3. Изменение спектральных характеристик инспираторных разрядов, регистрируемых в вентральных С₃-С₄ при воздействии никотина у БСП новорождённых крыс групп НК, ПК.

Примечание: СПМ – спектральная плотность мощности, → направление достоверного смещения значений спектральной плотности мощности.

Оценка влияния активации НХР на параметры инспираторных разрядов является неоднозначной. Так в исследовании Dehkordi O. с соавт. [9] обнаружено, что воздействие экзогенного никотина вызывало снижение амплитуды и приводит к увеличению продолжительности инспираторных разрядов, регистрируемых с корешков подъязычного нерва бульбоспинальных препаратов, полученных от

интактных животных [3]. Однако как показали X. M. Shao, J. L. Feldman [4] физостигмин, ингибитор ацетилхолинэстеразы вызывает повышение амплитуды и продолжительности разрядов, регистрируемых с корешков подъязычного нерва. Активирующее влияние никотина на инспираторную активность, зарегистрированное нами, а также другими исследователями, по всей видимости, реализуется на уровне диафрагмальных мотонейронов, 60 % которых экспрессируют НХР [10]. Представленные выше различия в результатах, можно объяснить наличием возможности прямого и опосредованного через паттерн генерирующие нейронные сети ствола мозга действием никотина на диафрагмальные мотонейроны. Например, микроинъекции никотина в пре-Бетзингеров комплекс вызывает снижение амплитуды разрядов, регистрируемых с корешков подъязычного нерва медуллярных срезов [9].

Обнаруженное нами изменение характера реакции инспираторной активности на никотин у препаратов мозга новорожденных крыс, перенесших пренатальное воздействие табачного дыма, подтверждает высокую пластичность холинергических механизмов модуляции функциональных свойств респираторных мотонейронов.

Препараты мозга - бульбоспинальные блоки и срезы ствола лишены одного из основных источников нисходящего холинергического влияния на респираторную нейронную сеть (ядер ножек моста и латеральных дорсальных ядер покрышки). Однако источником эндогенного ацетилхолина могут быть холинергические нейроны в ростральной вентролатеральной области продолговатого мозга [11, 12]. Активирующее влияние блокады холинэстеразы физостигмином на генерацию ритма и инспираторного паттерна в бульбоспинальных препаратах [6, 4] подтверждает наличие в них элементов активирующей холинергической системы ствола мозга. Вопрос участия НХР в тоническом холинергическом влиянии на респираторную нейронную сеть не имеет однозначного подтверждения. В работе Hatori E. [6] с соавторами было показано, что блокада НХР вызывает дозозависимое замедление дыхательного ритма, генерируемого бульбоспинальными препаратами мозга новорожденных крыс. В то же время данные полученные Coddou C. [7] с соавторами не подтверждают наличия тонического холинергического влияния на ритм-генерирующую респираторную нейронную сеть, опосредованного НХР. Представленные в работе данные о наличии тормозного тонического холинергического влияния опосредованного НХР на процесс генерации инспираторного паттерна дает основание предполагать участие ГАМК-ергических механизмов в его модуляции. Известно, что НХР усиливают ГАМК-ергическую синаптическую передачу [13], а блокирование бикикуллином ГАМК рецепторов в спинном мозге вызывает существенное увеличение амплитуды респираторных разрядов [3], регистрируемых с корешков С₄ бульбоспинальных препаратов.

Пренатальное воздействие табачного дыма, в отличие от хронической инфузии никотином [7], изменяет функциональную активность холинергической системы ствола мозга. Возникающее при блокировании НХР мекамиламином (100 мкМ/л) замедление респираторного ритма у препаратов опытной группы, в отличие от

контрольной, свидетельствует об усилении роли НХР в реализации влияния ацетилхолина на процесс генерации респираторного ритма и повышение фоновой тонической активности холинергической системы. По всей видимости, различие эффектов воздействия никотина и табачного дыма обусловлено многокомпонентностью воздействия последнего.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное нами исследование показало, что фумигация табачным дымом беременных крыс снижает у их потомства в раннем постнатальном периоде чувствительность респираторной нейронной сети к действию экзогенного никотина и повышает участие тонического холинергического влияния, опосредованного никотиновыми холинергическими рецепторами, в модуляции дыхательного ритма.

Список литературы

1. Robinson D. M. Prenatal nicotine exposure increases apnoea and reduces nicotinic potentiation of hypoglossal inspiratory output in mice / D. M. Robinson, K. C. Peebles, H. Kwok, B. M. Adams // *Physiol.* – 2002. – 538(Pt 3) – P. 957–973.
2. Gentry C. L. Regulation of nicotinic acetylcholine receptor numbers and function by chronic nicotine exposure / C. L. Gentry, R. J. Lukas // *Curr Drug Targets CNS Neurol Disord.* – 2002. – (4) – P. 359–385.
3. Pilarski J. Q. Prenatal nicotine exposure alters medullary nicotinic and AMPA-mediated control of respiratory frequency in vitro / J. Q. Pilarski, R. F. Fregosi // *Respir Physiol Neurobiol.* – 2009. – 169(1) – P. 1–10.
4. Shao X. M. Cholinergic neurotransmission in the preBotzinger complex modulates excitability of inspiratory neurons and regulates respiratory rhythm Neuroscience / X. M. Shao, J. L. Feldman // Author manuscript; available in PMC. – 2015. – 130(4) – P. 1069–1081.
5. Pilarski J. Q. Increased nicotinic receptor desensitization in hypoglossal motor neurons following chronic developmental nicotine exposure / J. Q. Pilarski, E. Hilary, A. J. Wakefield, R. B. Fuglevand // *Neurophysiol.* – 2012. – 107(1) – P. 257–264.
6. Hatori E. Association of nicotinic acetylcholine receptors with central respiratory control in isolated brainstem-spinal cord preparation of neonatal rats / E. Hatori, S. Sakuraba, M. Kashiwagi, J. Kuribayashi // *Biol. Res.* – 2006. – Vol. 39, no. 2 – P. 321–330.
7. Coddou C. Alterations in cholinergic sensitivity of respiratory neurons induced by pre-natal nicotine: a mechanism for respiratory dysfunction in neonatal mice / C. Coddou, E. Bravo, J. Eugeni // *B Biol Sci.* – 2009. – 364(1529) – P. 2527–2535.
8. Suzue T. Respiratory rhythm generation in the in vitro brain stem-spinal cord preparation of the neonatal rat / T. Suzue // *J Physiol.* – 1984. – 354 – P. 173–183.
9. Dehkordi O. Expression of alpha-7 nAChRs on spinal cord-brainstem neurons controlling inspiratory drive to the diaphragm / O. Dehkordi, M. A. Haxhiu, R. M. Millis, G. C. Dennis, P. Kc, A. J. afri, M. Khajavi, C. O. Trouth, S. I. Zaidi // *Respir Physiol Neurobiol.* – 2004. – 141(1) – P. 21–34.
10. Gentry C. L. Regulation of nicotinic acetylcholine receptor numbers and function by chronic nicotine exposure / C. L. Gentry, R. J. Lukas // *Curr Drug Targets CNS Neurol Disord.* – 2002. – 1 (4) – P. 359–385.
11. Jones B. E. Immunohistochemical study of choline acetyltransferase-immunoreactive processes and cells innervating the pontomedullary reticular formation in the rat / B. E. Jones // *J Comp Neurol.* – 1990. – 295 – P. 485–514.
12. Ruggiero D. A. Anatomical substrates of cholinergic-autonomic regulation in the rat / D. A. Ruggiero, R. M. Giuliano, R. Anwar, D. J. Stornetta // *J Comp Neurol.* – 1990. – 292 – P. 1–53.
13. Wonnacott S. Presynaptic nicotinic ACh receptors / S. Wonnacott // *Trends Neurosci.* – 1997. – 20(2) – P. 92–98.

**EFFECTS OF PRENATAL PASSIVE SMOKING ON CHOLINERGIC
MECHANISMS SIMULATION RESPIRATORY RHYTHM IN NEONATAL
RATS (IN VITRO)**

Bolychevsky S. E., Zinchenko E. A., Miroshnichenko I. V.

*Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia
E-mail: singlsb@gmail.com*

Both active and passive smoking increases the risk of sudden death of the newborn. Researchers are actively studying the effect of chronic nicotine infusion, as one of the leading neurogenic factors of tobacco smoke on cholinergic mechanisms of respiratory control. In this paper, using a fumigation model of passive smoking, tested the assumption that second-hand smoke that is transferred in the prenatal period, changes the expression mediated by nicotinic receptors activating influence of the cholinergic system of the brain stem to the processes of the respiratory activity of the neural network generation. It is found that the fumigation of tobacco smoke pregnant rats decreases their progeny respiratory sensitivity to the action of a neural network and exogenous nicotine increases cholinergic part tonic effect mediated by nicotinic cholinergic receptors in the modulation of respiratory rhythm. The study uses data obtained from 40 brain stem-spinal cord preparations (BSP) of the newborn rats. The experimental group was 22, and the control group was 18 newborn rats. In the processing of neurograms, the duration of the cycle of respiratory activity, duration, and the amplitude of inspiratory discharges were measured. To describe the peaks of the respiratory discharge spectrum, the following parameters were used: the peak frequency and the peak power spectral density of the peak. Analysis of the statistical differences was made using Student's t-test for mean values. Differences were considered significant at $p < 0.05$. Our results confirm the presence for exogenous nicotine of powerful activating effect on the generation frequency, amplitude and duration of inspiratory discharges of the BSP of newborn rats in the control group. It is established that an increase in the amplitude of the inspiratory discharges is accompanied by an increase in the spectral power density in the mid-frequency range of their spectrograms. In the BSP of the brain of newborn rats with prenatal exposure to tobacco smoke, exogenous nicotine increased only the frequency of inspiratory discharge generation. The amplitude of the inspiratory discharges and the power of the mid-frequency oscillations under the influence of exogenous nicotine in the BSP of the experimental group was significantly reduced. Mecamylamine, a selective blocker of nAChR, added to the perfusate of the BSP of the control group, caused a significant increase in the amplitude and duration of the inspiratory discharges, without significantly changing the duration of the respiratory cycle. At the same time, in BSP of newborn rats subjected to prenatal exposure to tobacco smoke, nAChR blockade resulted in an increase in the duration of the respiratory cycle. Thus, our study showed that fumigation of pregnant rats with tobacco smoke reduces the sensitivity of the respiratory neural network to the action of exogenous nicotine in early postnatal period and increases the involvement of tonic cholinergic effect mediated by nicotinic cholinergic receptors in modulating the respiratory rhythm.

Keywords: respiratory center, in vitro, passive smoking, bulbospinal preparation, cholinergic receptors.

References

1. Robinson D. M., Peebles K. C., Kwok H., Adams B. M. Prenatal nicotine exposure increases apnoea and reduces nicotinic potentiation of hypoglossal inspiratory output in mice, *Physiol.*, **538(Pt 3)**, 957 (2002).
2. Gentry C. L., Lukas R. J. Regulation of nicotinic acetylcholine receptor numbers and function by chronic nicotine exposure, *Curr Drug Targets CNS Neurol Disord.*, **1 (4)**, 359 (2002).
3. Pilarski J. Q., Fregosi R. F. Prenatal nicotine exposure alters medullary nicotinic and AMPA-mediated control of respiratory frequency in vitro, *Respir Physiol Neurobiol.*, **169(1)**, 1 (2009).
4. Shao X. M., Feldman J. L. Cholinergic neurotransmission in the preBotzinger complex modulates excitability of inspiratory neurons and regulates respiratory rhythm, *Neuroscience*, **130(4)**, 1069 (2005).
5. Pilarski J. Q., Hilary E., Wakefield A. J., Fuglevand R. B. Increased nicotinic receptor desensitization in hypoglossal motor neurons following chronic developmental nicotine exposure, *Neurophysiol.*, **107(1)**, 257 (2012).
6. Hatori E., Sakuraba S., Kashiwagi M., Kuribayashi J. Association of nicotinic acetylcholine receptors with central respiratory control in isolated brainstem-spinal cord preparation of neonatal rats, *Biol. Res.*, **39, 2**, 321 (2006).
7. Coddou C., Bravo E., Eugenín J. Alterations in cholinergic sensitivity of respiratory neurons induced by pre-natal nicotine: a mechanism for respiratory dysfunction in neonatal mice, *B. Biol. Sci.*, **364(1529)**, 2527 (2009).
8. Suzue T. Respiratory rhythm generation in the in vitro brain stem-spinal cord preparation of the neonatal rat, *J Physiol.*, **354**, 173 (1984).
9. Dehkordi O., Haxhiu M. A., Millis R. M., Dennis G. C., Kc P., J afri A., Khajavi M., Trouth C. O., Zaidi S.I. Expression of alpha-7 nAChRs on spinal cord-brainstem neurons controlling inspiratory drive to the diaphragm, *Respir Physiol Neurobiol.*, **141(1)**, 21 (2004).
10. Gentry C. L., Lukas R. J. Regulation of nicotinic acetylcholine receptor numbers and function by chronic nicotine exposure, *Curr Drug Targets CNS Neurol Disord.*, **1 (4)**, 359 (2002).
11. Jones B. E. Immunohistochemical study of choline acetyltransferase-immunoreactive processes and cells innervating the pontomedullary reticular formation in the rat, *J Comp Neurol.*, **295**, 485 (1990).
12. Ruggiero D. A., Giuliano R. M., Anwar R., Stornetta, D. J. Anatomical substrates of cholinergic-autonomic regulation in the rat, *J Comp Neurol.*, **292**, 1 (1990).
13. Wonnacott S. Presynaptic nicotinic ACh receptors, *Trends Neurosci.*, **20(2)**, 92 (1997).

УДК [574.3+582.594](477.75)

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-13-32

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ И АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ *EUPHORBIA PARALIAS* L. НА ПСАММОФИТНОМ МЕСТООБИТАНИИ ЮГА КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Вахрушева Л. П., Петришина Н. Н., Павиенко Д. А.

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

Euphorbia paralias L. – мало изученный вид, охраняемый Красными книгами федерального и регионального уровней, в которых его природоохранный статус оценен как «уязвимый» и «сокращающийся в численности». В работе приводятся: геоботаническая характеристика фитоценоза, в котором произрастает *Euphorbia paralias* L., численность, плотность, пространственная структура ценопопуляции, анатомические особенности вида и морфологические критерии, дифференцирующие возрастные состояния, включая оценку возрастности популяции и положение в классификации «дельта-омега».

Ключевые слова: популяция, фитоценоз, *Euphorbia paralias* L., пространственная структура, численность, морфологические критерии возрастных состояний, анатомическое строение, классификация «дельта-омега».

ВВЕДЕНИЕ

Одним из негативных последствий ускорения технического прогресса и увеличения разнообразия типов воздействия человека на природную среду является гомогенизация биоразнообразия [1, 2], которая сопровождается утратой экосистемами многих (в том числе и редких) видов растений и животных [3–5]. Общеизвестный факт, что наиболее реальной угрозой существованию редких видов является разрушение местообитаний, к которым они эволюционно адаптированы. Флора и растительность песчаных побережий во всем мире находится в критическом состоянии, т. к. большинство их флористических компонентов являются облигатными псаммофитами, что затрудняет быструю адаптацию последних к эко- и биотопам, не отвечающим экологическим потребностям вида. Так же критически остро вырисовывается проблема сбережения флоры и растительности песчаных побережий Крыма: повсеместная и разнообразная эксплуатация морских пляжей приводит к полному уничтожению случайно сохранившихся популяций псаммофильных растений и прибрежных фитоценозов. К природоохранному статусу «уязвимых» и «сокращающихся в численности» принадлежит и объект нашего исследования *Euphorbia paralias* L., произрастающий на ракушечно-детритовых пляжах морских побережий и песчаных пересыпях

соленых озер [6]. Для вида известны следующие данные: общие эколого-биоморфологические признаки [7]; приуроченность *Euphorbia paralias* L. к фитоценозам кл. *Ammophiletea* пор. *Elymetalia gigantei*, а также к кл. *Cakiletea maritimaе*, пор. *Euphorbietalia peplis*; в оптимальных условиях вид хорошо восстанавливается и формирует на полуострове немногочисленные локальные популяции [6, 8]. Для ближайшего к Крыму места произрастания вида (Краснодарский край) приводятся некоторые данные о численности и структуре популяции *Euphorbia paralias* на косе Чушка [9].

Известны также неполные сведения об изучении анатомии листа *Euphorbia paralias* L., связанные с адаптацией растений к экстремальным условиям: локализация устьиц на нижней стороне листа, млечников внутри мезофилла листа, а также предположение о возможном преобразовании млечников в склереиды в процессе онтогенеза [10–12].

Получение отсутствующих сведений о состоянии популяций охраняемого вида Крыма по возрастной дифференциации особей *Euphorbia paralias* L., пространственной и возрастной структурам, численности и плотности особей, а также об анатомическом строении вегетативных органов было определено в качестве цели настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования *Euphorbia paralias* L. по основной биоморфе – многолетнее травянистое растение, по экоморфе – ксерофит, псаммофит, галофит [7]. Вид охраняется Красной книгой РФ [13], Красной книгой Краснодарского края, 2017 [9], Красной книгой РК, [6]; отмечен как охраняемый таксон в Червоной книге України [8].

Популяция, обнаруженная Л. П. Вахрушевой в августе 2017 года, на пересыпи, отделяющей Тобечикское соленое озеро от акватории Черного моря (юг Керченского полуострова) является новой и не отмеченной на картах ЧКУ [8] и Красной книги РК [6]. Обследование популяции в целом проводилось маршрутным методом на протяжении всех ее 5 км. В локусе максимальной численности популяции *Euphorbia paralias* L. была заложена пробная площадь размером 10х10 м², на которой осуществлялось геоботаническое изучение фитоценоза [14]. Исследование популяции проводилось стандартными методами [5, 15, 16] и включало: установление численности, плотности, пространственной структуры, выяснение морфологических критериев, дифференцирующих возрастные состояния, определение возрастной структуры популяции, расчет возрастности (Δ) и эффективной плотности популяции (ω) [17].

Пространственная структура популяции определялась методом «ближайшего соседа». Полученные данные анализировались по коэффициенту неравномерности

$$R = \frac{\bar{x}A}{\bar{x}E}$$

Кларка-Эванса [18]: $R = \frac{\bar{x}A}{\bar{x}E}$ – мера того, насколько изучаемое распределение особей отличается от случайного. Дополнительно был применен индекс Одума (I_o)

$I_0 = \frac{S^2}{D}$, где D-абсолютная плотность; S-варианса (дисперсия) [19]. I_0 характеризует тип пространственного распределения в каждый момент сбора и, следовательно, может быть использован для анализа изменения пространственной структуры популяции во времени, что важно для будущих мониторинговых исследований.

Почвы под исследуемым сообществом анализировались на содержание солей, измерения проводились согласно ГОСТ 26423-85 [20]. Поскольку в естественной популяции не были найдены проростки, они изучались в лабораторных условиях путем проращивания семян при комнатной температуре (+20 °С). К нормально проросшим относили семена, которые формировали эпикотиль. Энергия прорастания определялась на седьмые сутки со дня посева, всхожесть – на четырнадцатые ГОСТ 12038–84 [21].

Исследование анатомо-морфологических структур растений проводили в фазе цветения на фиксированном (спирт : глицерин : вода в соотношении 1 : 1 : 1) и нативном материале. Подготовка и описание анатомических препаратов осуществлялись с использованием методик, изложенных в соответствующих работах [22–30]. Постоянные микропрепараты готовились на микротоме Ротмик 2-П, временные – с использованием опасной бритвы. Эпидермальные структуры листа описывались по временным препаратам, согласно методикам С. Ф. Захаревича [31] и Н. А. Анели [32]. Количественные показатели структурных элементов органов растений определялись в 30-ти кратной повторности. Статистическая обработка данных проводилась по стандартным методикам [33]. Исследование постоянных и временных препаратов осуществлялось с использованием микроскопа Olympus CX31RTSF. Фотографирование объектов производилось цифровой камерой Olympus (Industrial Digital Camera TOUPCAM™ U3CMOS10000KPA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Территории вдоль прибрежной полосы, на которой произрастает *Euphorbia paralias* L., отличаются сильнейшей антропогенной трансформацией структуры растительных сообществ на протяжении всех 5 км. В настоящее время на ней имеют место: парковка автомобилей непосредственно на песчаной полосе, пляжная рекреация, разведение костров, установка палаток и свалки бытового мусора от пикников. Особенно сильно нарушены участки, прилегающие к автомобильной трассе Керчь – Яковенково, т. к. именно здесь паркуются автомобили. Несколько сохранившихся фрагментов растительности находятся на примыкающей к ней полосе, имеющей ширину от 10 до 20 м (иногда 30 м), которая оказалась неудобной для отдыхающих, т. к. она удалена от уреза моря на 50–70 м. Здесь преимущественно и локализуется объект нашего исследования *Euphorbia paralias* L., а также уцелевшие в этих условиях типичные псаммофитно-прибрежные виды растений. Многие из них внесены в ККРК [6]: *Leymus arenarius* L., *Centaurea odessana* Prodan., *Eryngium maritimum* L., *Cakile euxina* Pobed, *Glaucium flavum* Crantz. *Artemisia arenaria* DC., *Crambe maritima* L., *Astrodaucus litoralis* (M. Bieb. Drude). Они формируют сообщества, представленные фрагментами, занимающими площади 50–100 м². На этих фрагментах

сохранились остатки фитоценозов, относящихся к ассоциациям: *Leymuetum* (*arenarii*) *astrodaucosum*, *Crambetum* (*maritimii*) *eryngiosum*, *Centauretum* (*odessanii*) *astrodaucosum*. Они чередуются с участками полностью лишенными растительного покрова или с группировками из рудерально-галофитных растений: *Salsola tragus* L., *Salsola ruthenica* Пјјн, *Lactuca tatarica* L., *Polygonum aviculáre* L., *Euphorbia peplis* L. и др. В большинстве сохранившихся фрагментов естественных прибрежно-псаммофитных фитоценозов и в некоторых группировках сорных растений встречается *Euphorbia paralias* L., но, как правило, только в генеративном возрастном состоянии. Для подробного исследования популяции *Euphorbia paralias* L. нами был выбран участок с максимальной численностью этого вида. Он относится к малопродуктивным: на пробной площади произрастает 11 видов из 8 семейств. В пределах пробной площади, где сконцентрированы генеративные особи *Euphorbia paralias* L., проективное покрытие травостоя варьирует от 40 до 50 %, из них от 20 до 30 % приходится на *Euphorbia paralias* L., по 5 % проективного покрытия дают *Salsola tragus* L. и *Lactuca tatarica* L., 3 % достигает *Leymus arenarius* L., по 2 % приходится на *Euphorbia peplis* L. и *Polygonum robertii* Loisel., единично встречается *Cakile euxina* Pobed. В пределах локуса фитоценоза, где сконцентрированы прегенеративные особи *Euphorbia paralias* L., проективное покрытие достигает 20–25 %: молочаи (*Euphorbia paralias* L. и *Euphorbia peplis* L.) развивают проективное покрытие по 8–10 % каждый, около 2 % покрытия дают *Cakile euxina* Pobed. и *Polygonum robertii* Loisel. Особи прегенеративного возраста формируют в границах локуса своеобразную полосу, расположенную параллельно морскому берегу, которая достаточно четко выражена небольшим (глубиной около 20–30 см) понижением в рельефе, что создает некоторую защиту для молодых растений.

Популяция развита на песчаном субстрате, для которого установлены следующие показатели по содержанию солей: плотный остаток (засоление) – 0,10 %; сумма карбонатов – 51,88 %; P^- – 1,34 мг/л, Ca^{2+} – 50,4 мг/л, Mg^{2+} – 34,32 мг/л, Cl^- – 47,25 мг/л, K^+ – 32,08 мг/л, Na^+ – 70,93 мг/л. Органическое вещество – 0,46 %. Следовательно, обеспеченность почв органическим веществом – низкая, значит, почва принадлежит – к слабогумусным. Реакция почвенного раствора нейтральная, но имеет место повышенная карбонатность почвы (подвижных карбонатов 51,88 %), что негативно сказывается на росте растений, т. к. карбонаты блокируют многие макро- и микроэлементы и усиливают проявление хлора, а это приводит к нарушению баланса потребления находящихся в почве питательных веществ. Основные минеральные элементы Na, Cl, K, Ca находятся в недостаточном количестве. Засоление почвы – хлоридное, почвы принадлежат к слабозасоленным (плотный остаток 0.1 %). В целом почва является мало благоприятной для произрастания растений.

Среднее расстояние между генеративными особями в популяции *Euphorbia paralias* L. достигает 32.70 ± 0.12 см; между вегетативными – почти в 3 раза меньше 11.40 ± 0.26 см. Значения коэффициентов Кларка-Эванса в целом между растениями молочая на пробной площади составило $R=10.40$; отдельно для генеративных растений $R=24.25$ и для прегенеративных особей $R=0.26$. Полученные величины коэффициента позволяют пространственную структуру популяции оценить как

контагиозную, но в прегенеративной фазе развития вид формирует локусы с равномерным распределением особей.

Тип пространственного распределения особей был рассчитан также по индексу Одума, величина которого характеризует пространственную структуру популяции в конкретный момент сбора данных и, следовательно, может быть использована для анализа ее изменений во времени. Индекс Одума оказался равным 3.03, т. е. такое его значение подтвердило контагиозный (групповой) тип произрастания особей в изучаемой популяции.

Поскольку *E. paralias* является охраняемым растением и находится в условиях высокого антропогенного пресса, для изучения морфологических признаков возрастных состояний нами использовались экземпляры из тех участков, которые заведомо могли быть уничтоженными, а также извлекали их в возможно наименьшем числе повторностей. Для анализа не привлекались признаки подземной сферы с целью нанесения наименьшего вреда особям популяции. В природной популяции проростки не были обнаружены, поэтому, как указано в методах, исследование семян молочая и развитие проростков проводилось в лабораторных условиях. У *E. paralias* энергия прорастания на 7 сутки составила 17 %. Всхожесть на 14 сутки была 25 %. Проростки имели два семядольных листа ланцетной формы длиной 4–5 мм, шириной 2 мм. Эпикотиль косо направленный (или почти горизонтальный), стебель высотой до 2 см, главный корень имел длину 2–2.5 см, слабо ветвящийся (14–26 сутки). К 35 дню у проростков появились первые стеблевые листья, причем первый из них располагается на расстоянии 0.8–1.0 см от семядольных. В лабораторных условиях эти листья имели длину от 2.0 до 3.0 мм, ширину 1.0–1.5 (до 2.0) мм и на стебле первые 4 пары листьев (включая семядольные) располагаются супротивно на заметном (5–6 мм) расстоянии друг от друга и строго перпендикулярно по отношению к стеблю. Начиная с 5-ой пары листорасположение становится очередным, резко меняется длина междоузлий, сокращаясь до 2 мм, листья начинают располагаться под острым углом по отношению к стеблю. С момента появления очередного листорасположения растение переходит в следующее возрастное состояние – ювенильное (рис. 1).

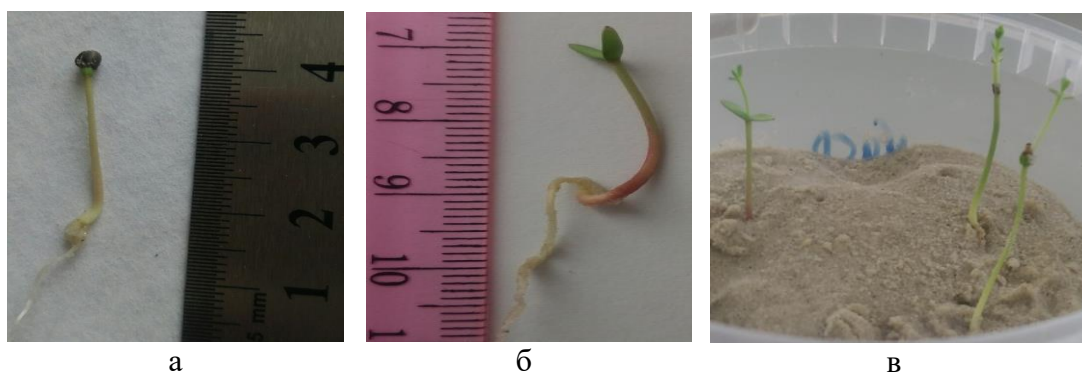


Рис. 1. Проростки *Euphorbia paralias* (фото автора):
а – 14 сутки, б – 26 сутки, в – 35 сутки.

У ювенильных особей листья постепенно достигают длины 0.30 ± 0.03 см (при $p < 0.05$) и ширины 0.10 ± 0.01 см при ($p < 0.05$), плотно прилегают к стеблю, накладываясь друг на друга, при этом стебель становится густо черепитчато-облиственным, а длина междоузлий сокращается до 1 мм и менее (рис. 2а, б). Нижние листья постепенно засыхают и отмирают, оставляя на стебле заметные рубцы, а главный корень за счет контрактильности, начиная с ювенильного возраста, активно погружается в песчаный субстрат и втягивает вглубь нижнюю часть стебля от 3–4 см до 10 см. В этом виде растение уходит в зимний покой, а в новый вегетационный период уже появится в имматурном возрасте (рис. 2в).

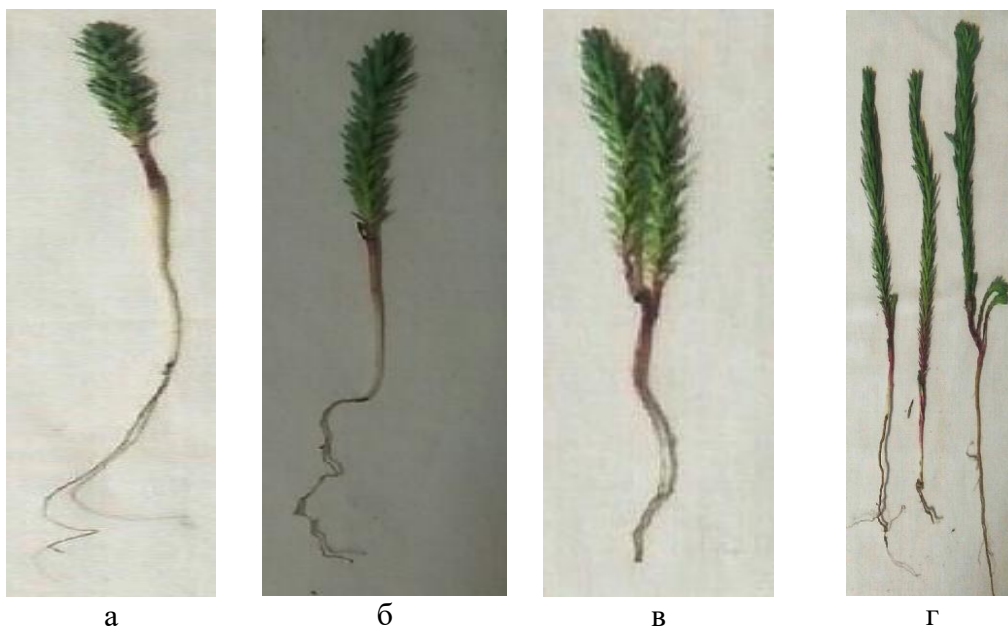


Рис. 2. Растения прегенеративной фазы развития в природной популяции: ювенильные (фото автора):

а – молодое, б – зрелое; в – имматурное; г – виргинильное.

Для возрастных состояний ювенильных, имматурных и виргинильных растений, исследованных в природной популяции, основными критериями их дифференциации наиболее показательным оказался аллометрический признак: отношение длины листа к его ширине (табл. 1). В таблицу включены также данные о значении этого показателя для генеративных растений, хотя, понятно, что они уже хорошо различаются по наличию генеративных побегов.

В соответствии с проведенной оценкой достоверности разности по данному аллометрическому показателю, с помощью нормированного отклонения t_d были получены следующие его значения: между имматурными и ювенильными растениями 11.10; между имматурными и виргинильными 2.34; между

виргинильными и генеративными 3.13. Таким образом, различия везде оказались достоверны с вероятностью в 95 % ($p < 0.05$).

Таблица 1

Критерии для разграничения прегенеративных особей *Euphorbia paralias* L.

Возрастное состояние	Длина листа, см	Ширина листа, см	Отношение длины листа (см) к ширине (см)	Значение критерия Стьюдента (t)
Ювенильные	0.30±0.03	0.10±0.01	3.00±0.03*	2.306
Имматурные	0.60±0.05	0.10±0.02	6.00 ±0.05*	1.980
Виргинильные	1.70±0.04	0.35±0.05	4.90±0.04*	2.048
Генеративные	2.50±0.01	0.40±0.01	6.25±0.01***	2.787

Примечание:

* – достоверно на 95% уровне значимости, т. е. $p < 0.05$;

*** – достоверно на 99% уровне значимости, т. е. $p < 0.01$.

Начиная с имматурного возраста, помимо отношения длины листа к его ширине, появляется возможность использовать дополнительный признак – количество образуемых в нижней части главного побега вегетативных побегов. У имматурных особей их – один-два (рис. 2в), начиная с виргинильного возраста образуется до 4-х вегетативных побегов (рис. 2г). Однако число вегетативных побегов характеризуется значительной вариабельностью, нередко имеет место наложение их количества в разных возрастных состояниях, поэтому для этого признака не удалось установить статистически четких закономерностей.

Молодые генеративные растения (g_1) формируют один-три генеративных побега, каждый из которых заканчивается соцветием – циатием, состоящим из пяти лучей (рис. 3). Отметим, что уже в этом возрасте закладываются все структуры (почки), которые позволят в итоге (у растений возраста g_2) сформироваться типичному плейохазиальному соцветию. Вегетативных побегов у этой возрастной группы может быть от 2 до 5. Ветвление стержневой корневой системы наблюдается со средней части длины главного корня.

Средневозрастные генеративные растения (g_2) могут формировать от 4 до 30 генеративных побегов, при этом у них развивается (в нашей популяции) от 5 до 11 вегетативных побегов, при отсутствии сухих отмерших. У генеративных растений в зрелом возрастном состоянии зафиксирован один уникальный экземпляр: с 30 побегами (22 генеративных и 8 вегетативных, сухих побегов нет). Исключив признаки, найденные у одного уникального экземпляра, отметим, что, начиная с 15 генеративных побегов, при наличии 5–11 вегетативных, присутствуют усохшие побеги в числе 3–6 штук. Нижние части побегов голые, с многочисленными рубцами от усохших листьев. В возрасте g_2 на генеративных побегах, под лучами соцветия, начинают формироваться вегетативные ветви, число которых

увеличивается в соответствии с увеличением возраста растения. Само соцветие становится плейохазием, содержащим лучи первого, второго и третьего порядков.



Рис. 3. Генеративное растение (g₁) *Euphorbia paralias* (фото автора)

При переходе *Euphorbia paralias* в возрастное состояние *старых генеративных растений* увеличивается количество усохших побегов, число которых, естественно, возрастает при увеличении возраста. При образовании 16 и более генеративных побегов, при наличии 6–11 вегетативных, следы отмерших побегов (по числу рубцов при их основании) составляют уже от 50 % и более, по отношению к живым, т. е. это будет 8 и более сухих побегов. Однако, у большинства растений этой возрастной группы было обнаружено 36 побегов: 28 генеративных, 8 зеленых вегетативных и 19 остатков сухих побегов. В этой возрастной группе также был найден уникальный экземпляр: у растения насчитали 141 побег (52 генеративных, 51 вегетативный и 38 сухих). По соотношению живых и отмерших частей его еще нельзя причислить к группе субсенильных – это нормально плодоносящее, хорошо развитое растение. Субсенильные и сенильные особи нами обнаружены не были. Можно предположить, что в условиях сильнейшего антропогенного пресса, растения при старении резко теряют устойчивость и отмирают, вероятно, очень быстро.

На основании установленных морфологических признаков, характерных для растений разного возраста, было определено их количественное участие в популяции. В целом на пробной площади было найдено 556 экземпляров *Euphorbia*

paralias L., из них – ювенильных 56, имматурных 31, виргинильных 44 особи. 425 растений являются генеративными ($g_1=75$; $g_2=250$; $g_3=100$).

Выявленный возрастной спектр, в соответствии с классическим подходом [15, 34], неполночленный: в природной популяции не были найдены проростки и растения сенильного возраста; молодая часть популяции достаточно многочисленная и составляет 23.6 % от общего числа особей. Однако, в спектре явно преобладают особи зрелого генеративного возраста, поэтому спектр четко мономодальный (рис. 4.). Кроме того, данную популяцию в целом можно отнести к зрелым, так как в ней преобладают средневозрастные генеративные растения (g_2), отличающиеся максимальным ежегодным приростом и семенной продуктивностью.

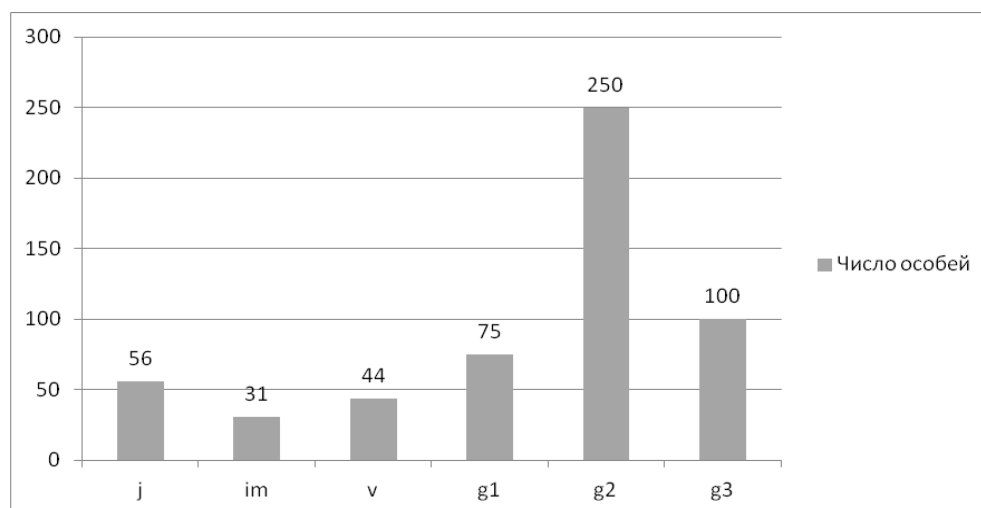


Рис. 4. Возрастной спектр популяции *Euphorbia paralias* L.

Дополнительно данная популяция была оценена по классификации «дельта-омега» [17, 35]. При таком подходе учитываются два показателя популяции – энергетическая эффективность и возрастность. Как известно, индекс возрастности показывает онтогенетический уровень в конкретный момент времени: чем выше его значение, тем старше исследуемая ценопопуляция [34]. Индекс эффективности (ω) – это энергетическая нагрузка на среду, условно называемая «средним» растением [17]. Оба показателя изменяются от 0 до 1, и чем выше значение ω , тем старше возрастная группа «среднего» растения. При расчете эффективной плотности для популяции *Euphorbia paralias* L. были получены значения: $\Delta=0,35$, $\omega=0,86$. Такие значения Δ и ω дают основания отнести данную популяцию и по классификации «дельта-омега» к зрелой группе.

Несмотря на то, что исследовалась естественная популяция, утверждать, что данный тип возрастного спектра является характерным для изученного вида с абсолютной вероятностью нет оснований, поскольку в условиях высокой рекреации, вне сомнения, происходит существенное искажение в соотношениях возрастных

групп, а отсутствие проростков можно объяснить подземным прорастанием семян и вероятно длительным их нахождением под слоем песчаного грунта.

В результате анатомо-морфологических исследований *Euphorbia paralias* L. установлено, что корень снаружи покрыт вторичной покровной тканью перидермой, которая в некоторых местах замещается коркой (рис. 5).

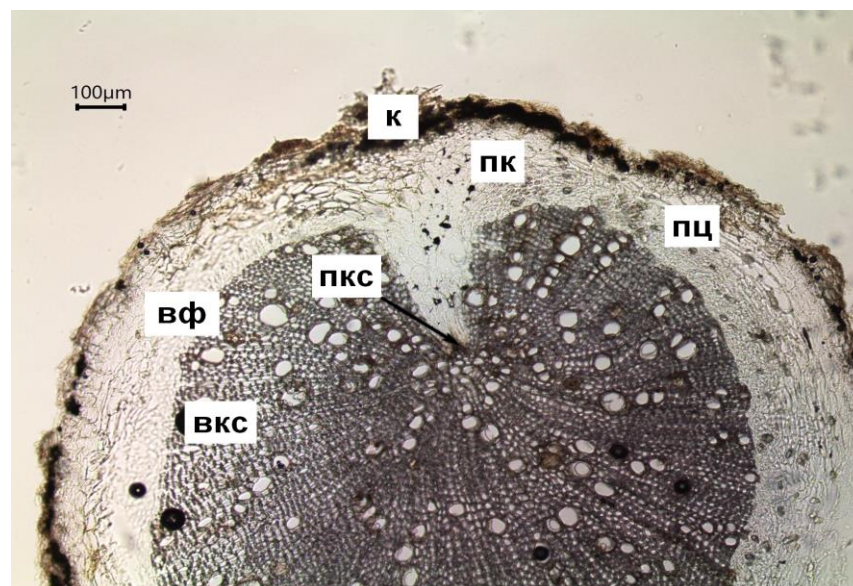


Рис. 5. Поперечный срез корня *E. paralias* (фото автора).

Обозначения: к – корка, пк – первичная кора; пц – перицикл; вфл – вторичная флоэма; вкс – вторичная ксилема; пкс – первичная ксилема.

Под покровной тканью располагается первичная кора. За первичной корой находится центральный цилиндр, ограниченный слабо выраженным перициклом. В центре корня – первичная диархная ксилема, затем – вторичные проводящие, механические элементы и паренхима, образующая узкие радиальные лучи. Флоэма кольцом окружает ксилему.

Боковой генеративный побег в поперечном сечении имеет округлые очертания, покрыт эпидермой, образованной клетками с утолщенными наружными стенками с кутикулой (рис. 6). Под эпидермой располагается первичная кора, наружная часть которой образована одним слоем клеток пластинчатой колленхимы. Паренхима первичной коры представлена хлоренхимой с хорошо развитыми межклетниками. Внутренний слой первичной коры – крахмалоносное влагалище, представлен клетками, вытянутыми в тангентальном направлении. За первичной корой расположен центральный цилиндр. Проводящая система состоит из флоэмы и ксилемы. На периферии флоэмы имеются участки лигнифицированных клеток склеренхимы перициклического происхождения. Ксилема – с сосудами, расположенными правильными радиальными рядами и хорошо развитыми

одревесневающими волокнами либриформа. Сердцевина представлена паренхимными клетками с выраженной перимедуллярной зоной.

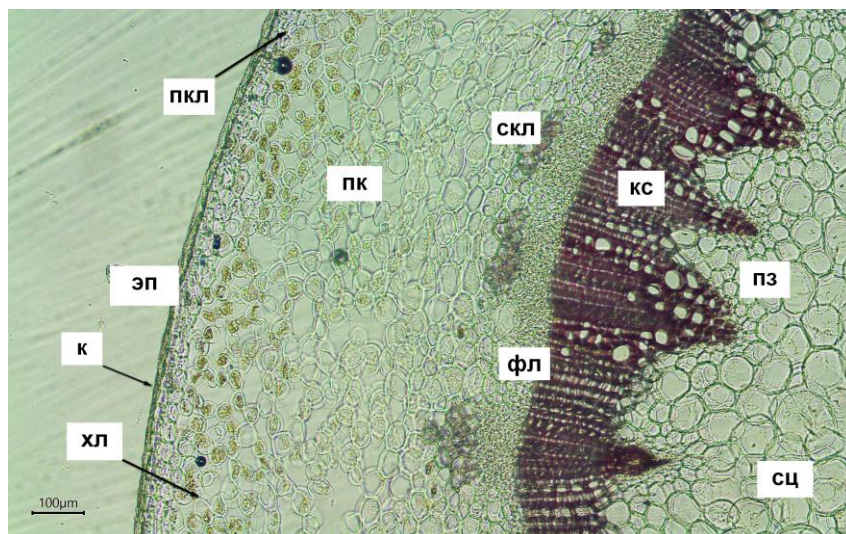


Рис. 6. Поперечный срез стебля *E. paralias* (фото автора).

Обозначения: к – кутикула; эп – эпидерма; пк – первичная кора; пкл – пластинчатая колленхима; хл – хлоренхима; скл – склеренхима; фл – флоэма; кс – ксилема; пз – перимедуллярная зона; сц – сердцевина.

В различных частях стебля сохраняется общий принцип анатомического строения. Базальная часть стебля характеризуется более мощной по своему развитию вторичной ксилемой.

При изучении листовой пластинки выявлено, что вентральная сторона листа в течение онтогенеза растения становится наружной, а дорзальная – внутренней, обращенной к оси стебля. Как отмечалось выше, это происходит на стадии перехода из ювенильного в имматурное возрастное состояние и закрепляется при дальнейшем развитии растения. При этом края листовой пластинки оказываются загнутыми теперь уже к измененной по положению внутренней поверхности, что является похожим на морфологическую адаптацию, имеющую место у эрикоидного типа листа, однако загнутый край у листа молочая обращен на адаксиальную поверхность листовой пластинки.

Лист *E. paralias* изолатеральный и покрыт однослойным эпидермисом с кутикулой, толщина которой с нижней (вентральной) и верхней (дорзальной) сторон листа составляет в среднем 7.04 ± 0.33 мкм и 3.98 ± 0.12 мкм, соответственно (рис. 7).

Основные клетки покровной ткани вентральной и дорзальной сторон листа имеют многоугольную форму с прямыми очертаниями. Размер этих клеток по длинной оси с нижней и верхней сторон листа составляет в среднем 53.80 ± 1.94 мкм и 32.37 ± 0.68 мкм, соответственно, а среднее количество клеток на 1 мм^2 – соответственно 569.44 ± 5.71 шт. и 1242.56 ± 19.15 шт. Согласно характеристике

Б. Р. Васильева, 1988, плотность основных эпидермальных клеток *E. paralias* на единицу площади листа свидетельствует о том, что нижняя эпидерма состоит из крупных клеток, а верхняя – имеет клетки средних размеров.

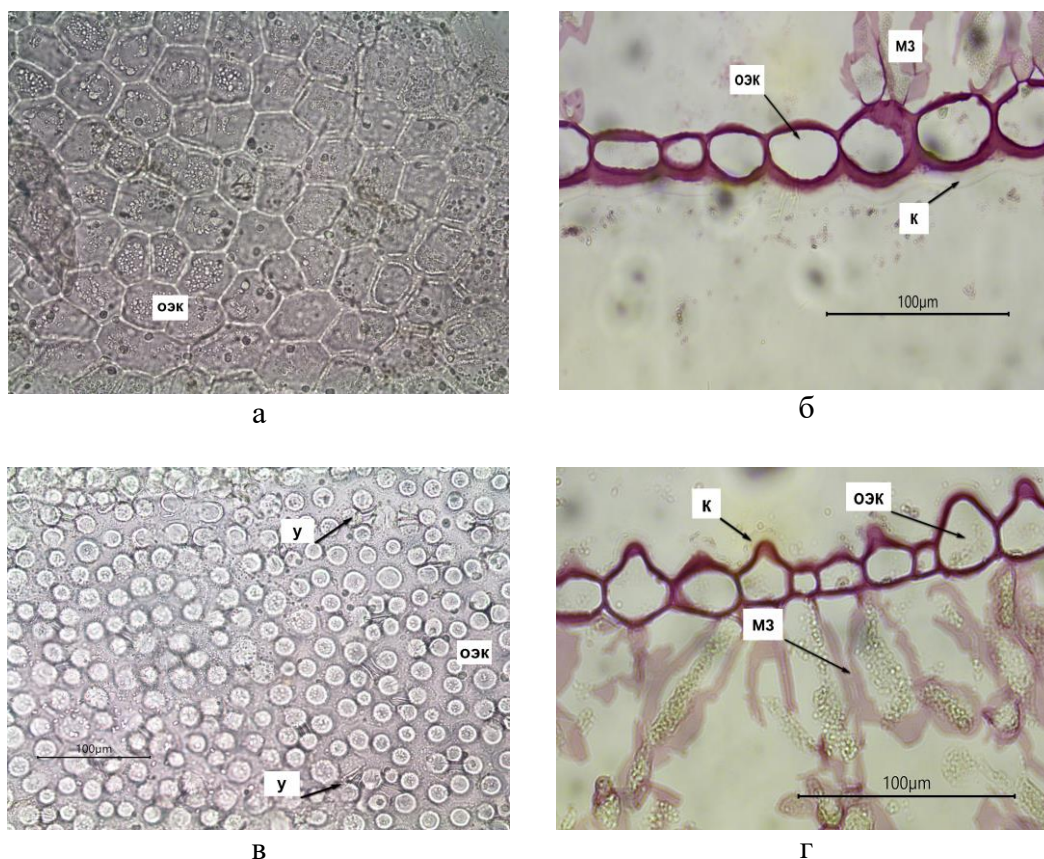


Рис. 7. Эпидермис листа *E. paralias* (фото автора):

а, б – вентральной стороны; в, г – дорзальной стороны.

Обозначения: к – кутикула; мз – мезофилл; оэК – основные эпидермальные клетки; у – устьица.

На поперечных срезах листа основные эпидермальные клетки вентральной стороны листа вытянуты в тангентальном направлении, их наружные стенки утолщены и покрыты кутикулой (рис 8). Часть эпидермальных клеток верхней стороны листа, как правило, имеют сосочки (папиллы). Ширина клеток верхнего эпидермиса варьирует от 15.69 мкм до 32.60 мкм, а высота клеток с папиллами – от 16.44 мкм до 32.12 мкм, без папилл – от 7.82 до 16.93 мкм. Нижняя эпидерма образована более крупными клетками, ширина и высота которых варьирует, соответственно, от 24.60 мкм до 42.14 мкм и от 42.66 мкм до 52.26 мкм. Единичные

клетки нижнего эпидермиса имеют структурно неоформленные, но намечающиеся папиллы.

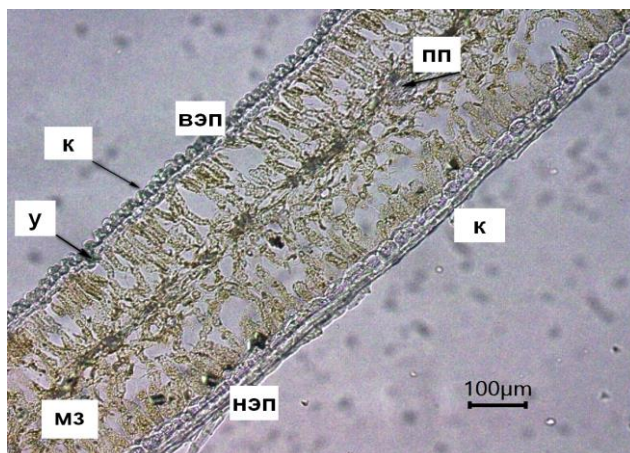


Рис. 8. Поперечный срез листа *E. paralias* (фото автора)

Обозначения: к – кутикула; вэп – верхняя эпидерма; у – устьице; мз – мезофилл; пп – проводящий пучок; нэп – нижняя эпидерма.

Лист эпистоматический (устьица на верхней стороне) – глубоко погруженные замыкающие клетки устьиц со значительно утолщенными стенками располагаются довольно редко между эпидермальными клетками с сосочками (рис. 9). Количество устьиц на 1 мм² составляет в среднем 102.80 ± 1.13 шт.

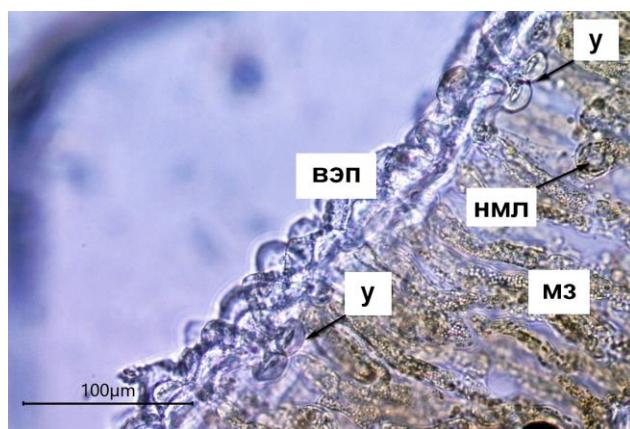


Рис. 9. Фрагмент листа *E. paralias* с погруженными устьицами (фото автора):

Обозначения: вэп – верхняя эпидерма; мз – мезофилл; нмл – нечленистый млечник; у – устьице.

Толщина листа 415.16 ± 15.05 мкм. Мезофилл с нижней стороны листа представлен одним-двумя, а с верхней – двумя-тремя рядами сильно вытянутых перпендикулярно поверхности клеток цилиндрической формы. Между слоями хорошо выражены межклетники. Коэффициент палисадности, который отображает характер развития палисадной хлоренхимы, у изученного вида составил 81 %, что является очень высоким показателем и свидетельствует о приспособленности растений к существованию на хорошо освещенных участках.

Центральная жилка имеет выраженную паренхимную обкладку, размеры и количество клеток которой со стороны флоэмы увеличиваются (рис. 10). В субэпидермальном слое, над и под жилкой, располагаются клетки однородного мезофилла. Боковые жилки многочисленные и мелкие.

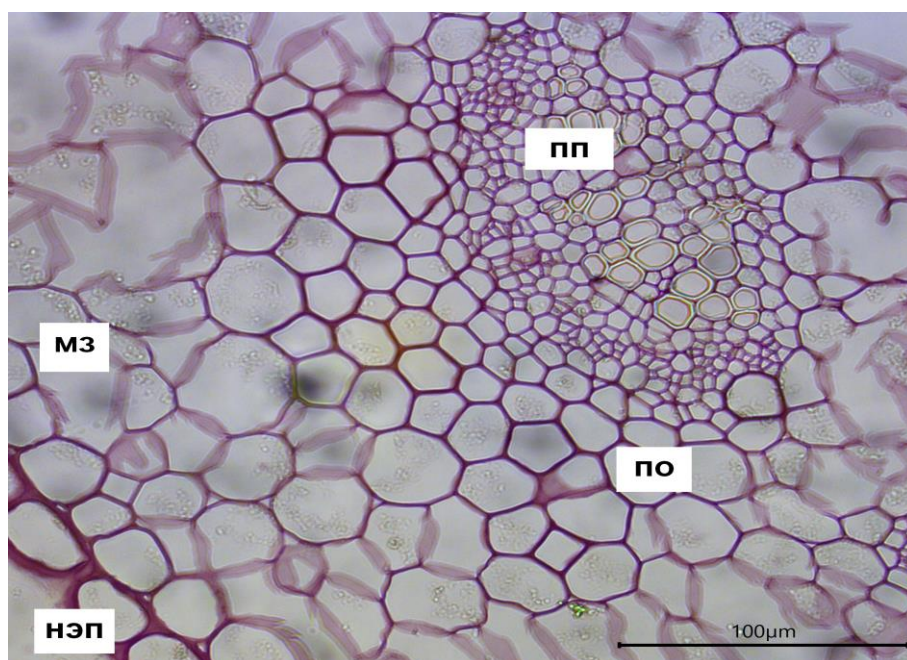


Рис. 10. Центральная жилка листа *E. paralias* (фото автора)

Обозначения: нэп – нижняя эпидерма, пп – проводящий пучок; по – паренхимная обкладка.

Для *Euphorbia paralias* характерно наличие терпеноидсодержащих структур, представленных одной из форм вместилищ с внутриклеточным накоплением секрета – нечленистых млечников (рис. 9, рис. 11), которые выявлены нами во всех изученных органах растения. В корне и стебле данные вместилища приурочены к первичной коре. В листе млечники найдены в мезофилле и в субэпидермальном слое. Ранее в литературных источниках отмечалось, что толстостенные млечники в ходе онтогенеза растения *E. paralias* могут трансформироваться в склериды [12], однако подобного факта у изученных нами экземпляров не выявлено.

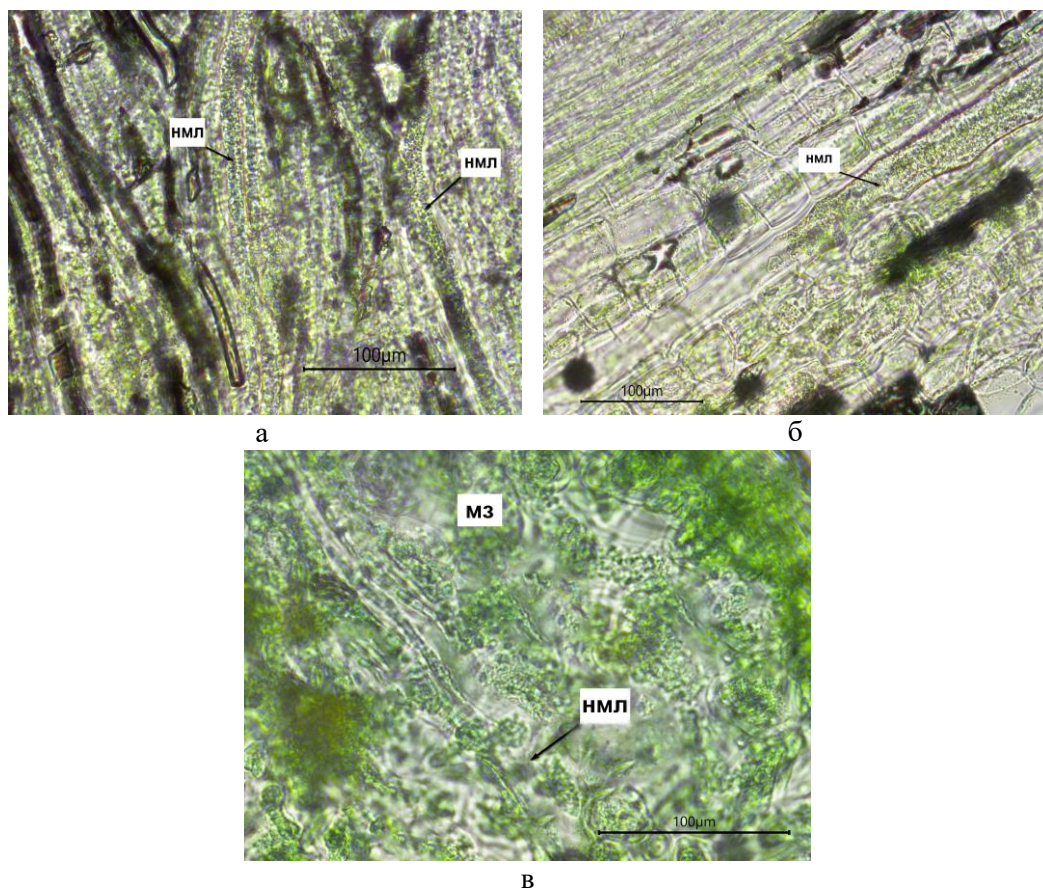


Рис. 11. Нечленистые млечники в продольных срезах вегетативных органов растений *E. paralias* (фото автора):

а – первичная кора корня; б – первичная кора стебля; в – мезофилл листа.

Обозначения: нмл – нечленистые млечник; мз – мезофилл.

Таким образом, анатомо-морфологическое изучение *E. paralias* позволило отнести его лист к эрикоидному типу, поскольку имеют место такие признаки как: развитая кутикула, утолщенные наружные стенки эпидермы, погруженные устьица, высокий показатель коэффициента палисадности (81%), наличие нечленистых млечников с латексом, а также возникновение в процессе онтогенеза растения морфологической адаптации листовой пластинки подобной эрикоидному типу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Новая популяция *Euphorbia paralias* L., найденная на Керченском полуострове в 2012 г., имеет высокую численность: на пробной площади (100 м²) произрастает 556 особей, на 1 м² – 11.0±1.2 особей.
2. Пространственная структура популяции – контагиозная, что подтверждается значениями коэффициентов Кларка-Эванса (R=10.40) и Одума (3.03), но в

прегенеративной фазе развития вид может формировать локусы с равномерным распределением особей ($R=0.26$).

3. Выявленные адаптивные признаки листовой пластинки к ксеро- и галофактору (плотный остаток солей 0.1 %), возникновение в процессе онтогенеза растения пространственно-морфологической структурной адаптации листа, подобного эрикоидному типу, на наш взгляд, более соответствуют отнесению *Euphorbia paralias* к экологической группе галоксерофитов.
4. Природоохранным органам необходимо принять меры для сбережения уникальной популяции *E. paralias* большой численности, находящейся в условиях сильнейшего антропогенного пресса: выделить наиболее сохранившийся фрагмент и установить аншлаг с информацией об *E. paralias* и других охраняемых видах, произрастающих на этой прибрежной территории.

Работа выполнена в рамках реализации проекта ПИТ «Разработка сетевой образовательной программы по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки, направленности 03.02.08 Экология» Программы развития ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Rands M. R. Biodiversity conservation: challenges beyond 2010 / M. R. Rands, W. M. Adams, L. Bennun et al. // Science. – 2010. – Vol. 329, № 10. – P. 1298–1424.
2. Raven P. H. Introduction to special issue on biodiversity / P. H. Raven, J. M. Chase, C. Pires // Amer. J. Bot. – 2011. – Vol. 98, № 3. – P. 333–335.
3. Флинт В. Е. Сохранение редких видов в России (теория и практика) / В. Е. Флинт // Сохранение и восстановление биоразнообразия. – М.: НУМЦ, 2002. – С. 3–57.
4. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография / Ю. А. Злобин. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 266 с.
5. Злобин Ю. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения: монография / Ю. А. Злобин, В. Г. Скляр, А. А. Клименко – Сумы: Университетская книга, 2013. – 439 с.
6. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли, грибы / Отв. ред. д. б. н., проф. А. В. Ена и к. б. н. А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «Ариал», 2015. – 480 с.
7. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма / Голубев В. Н. – Ялта: НБС-ННЦ, 1996. – 86 с.
8. Червона книга України. Рослинний світ / Под ред. Я. П. Дідух. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
9. Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы / отв. ред. С. А. Литвинская. – 3-е изд. – Краснодар, 2017. – 850 с.
10. Rudall P. Laticifers in Crotonoideae (Euphorbiaceae): homology and evolution. / P. Rudall // Annals of the Missouri Botanical Garden. – 1994. – Vol. 81, No. 2. – P. 270–282.
11. Elhaak M. A. Ecophysiological study on *Euphorbia paralias* under soil salinity and sea water spray treatments / M. A. Elhaak // Journal of Arid Environments. – 1997. – Vol. 35. – P. 459–471.
12. Ciccarelli D. Leaf anatomical adaptations of *Calystegia soldanella*, *Euphorbia paralias* and *tanthus maritimus* to the ecological conditions of coastal sand dune systems / D. Ciccarelli // Caryologia. – 2009. – P. 142–151.
13. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Сост. Р. В. Камелин и др. – М., 2008. – 855 с.
14. Шенников А. П. Введение в геоботанику: Учебник. / Шенников А. П. – СПб (Ленинград): Изд-во Ленинградского ун-та, 1964. – 447 с.
15. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Труды БИН АН СССР. – Сер. 3, Геоботаника. – М.: АН СССР, 1950. – Вып. 6. – С. 7–204.

16. Смирнова О. В. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, И. М. Ермакова. – М.: Наука, 1976. – 216 с.
17. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л. А. Животовский // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3–7.
18. Харитонов С. П. Метод «ближайшего соседа» для математической оценки распределения биологических объектов на плоскости и на линии / С. П. Харитонов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. Биология. – 2005. – № 1. – С. 213–221.
19. Одум Ю. Экология. / Одум Ю. – М.: изд-во Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.
20. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Общие требования – Введ. 1986-01-01. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2011. – 8 с.
21. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Общие требования – Введ. 1986-07-01. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2016. – 31 с.
22. Прозина М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина. – М.: Высшая школа, 1960. – 206 с.
23. Александров В. Г. Анатомия растений / В. Г. Александров. – М.: Высшая школа, 1966. – 431 с.
24. Эзау К. Анатомия семенных растений. Книга 1 / К. Эзау. – М.: Мир, 1980а. – 284 с.
25. Эзау К. Анатомия семенных растений. Книга 2 / К. Эзау. – М.: Мир, 1980б. – 627 с.
26. Васильев Б. Р. Строение листа древесных растений различных климатических зон / Б. Р. Васильев. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1988. – 208 с.
27. Лотова Л. И. Морфология и анатомия высших растений / Л. И. Лотова. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 с.
28. Барыкина Р. П. Справочник по ботанической микротехнике / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятов. – М.: МГУ, 2004. – 331 с.
29. Серебрякова Т. И. Ботаника с основами фитоценологии. Анатомия и морфология растений / Т. И. Серебрякова, Н. С. Воронин, А. Г. Серебряков. – М.: Академкнига, 2006. – 543 с.
30. Коровкин О. А. Анатомия и морфология высших растений: словарь терминов / О. А. Коровкин. – Москва: Дрофа, 2007 – 268 с.
31. Захаревич С. Ф. К методике описания эпидермы листа / С. Ф. Захаревич // Вестник Ленинградского университета. Серия 3: Биология. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1954. – № 4. – С. 64–75.
32. Анели Н. А. Атлас эпидермы листа / Н. А. Анели. – Тбилиси: Мецниереба, 1975. – 110 с.
33. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.
34. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7–34.
35. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений: Монография / Л. А. Жукова. – Йошкар-Ола: РИИК "Ланар", 1995. – 224 с.

**MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL STUDIES POPULATION OF
EUPHORBIA PARALIAS L. ON A PSAMMOPHYTIC HABITAT IN THE SOUTH
OF THE KERCH PENINSULA**

Vakhrusheva L. P., Petrishina N. N., Pavshenko D. A.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: vakhl@inbox.ru*

Euphorbia paralias L. is a poorly studied species that is protected by Red books at the Federal and regional levels, where its conservation status is assessed as «vulnerable» and «declining in number». *Euphorbia paralias* L has not been studied in terms of

population structure, and anatomical studies of the species are not sufficient. The goal is to study the morphological criteria of age states, the spatial and age structure of the coenopulation, and the anatomical structure of vegetative organs.

We studied the coenopopulation on the sandy coast in the South of the Kerch Peninsula (an embankment between the Black sea and Tobechnik lake). The phytocoenosis in which *Euphorbia paralias* L. is few species it contains 11 species per 100 m². The projective cover of the herbage varies from 40 to 50 %, with *Euphorbia paralias* L. accounting for 20 to 30 %. The average distance between generative individuals reaches 32.70±0.12 cm; between vegetative individuals – almost 3 times less than 11.40±0.26 cm. The Clark-Evans coefficients between plants were R=10.40; separately for generative plants R=24.25 and for pregenerative individuals R=0.26. Consequently, the spatial structure of the population is contagious, but in the pregenerative phase of development the species forms loci has regular spaced distribution of individuals. Additionally, the calculated Odum index was equal to 3.03, which confirmed the contagious (clumped distribution) type of growth of individuals in the studied population.

In the laboratory, seedlings and juvenile individuals were studied, and the transition to the immature age phase was recorded. Immature, virginal, and generative plants were studied in the natural population. Morphological features for each age state are determined (Fig. 1, 2, 3). The features selected for differentiation of age states showed the reliability of differences at the level of significance $p<0.05$ and $p<0.01$ (Tab.1).

Their quantitative participation in the population was determined based on the identified morphological features characteristic of plants of different ages. In total 556 specimens of *Euphorbia paralias* L. were found on the studied area, including 56 juvenile specimens, 31 immature specimens, and 44 virginal specimens. 425 plants are generative (g1=75; g2=250; g3=100). The age spectrum, compiled in accordance with the classical approach (Uranov, 1975; Rabotnov, 1950), is incomplete: seedlings and plants of senile age were not found; the young part of the population is quite large and makes up 23.6 % of the total number of individuals. However, the spectrum is clearly dominated by individuals of Mature generative age, and most of all-a group of generative plants, so the spectrum is clearly monomodal (Fig. 4.). Additionally, this population was evaluated according to the «Delta-omega» classification [Zhukova, 1967; Zhivotovsky, 2001]. The following values were obtained during the calculations: $\Delta=0.35$, $\omega=0.86$. Thus, according to the «Delta-omega» classification, the studied population also belongs to the Mature group.

Anatomical study of vegetative organs was carried out. The obtained data on the anatomy of vegetative organs are shown in Fig. 5, 6, 7, 8, 9,10. For *Euphorbia paralias*, the presence of terpenoid – containing structures represented by one of the forms of receptacles with intracellular accumulation of secretions: non-segmented milkers (Fig. 9, Fig. 11). Non-segmented milkers found in the root and stem are confined to the primary cortex. In the leaf, non-segmented milkers are found in leaf mesophyll and in the subepidermal layer.

1. The new population of *Euphorbia paralias* L., found on the Kerch Peninsula in 2012, has a high number: 556 individuals grow on the studies area (100 m²), and 11.0±1.2 individuals per 1 m².

2. The spatial structure of the population is contagious (clumped distribution), which is confirmed by coefficients of the Clark Evans ($R=10.40$) and Odum (3.03), but in the pregenerative phase the species forms loci with a regular spaced distribution of individuals ($R=0.26$).
3. In the anatomical structure of the leaf can be traced: the appearance of a leaf blade similar to the erikoid type, in the process of its ontogenetic metamorphosis; developed cuticle, thickened outer walls of the epidermis, submerged stomata, a high index of the palisade coefficient (81 %.), the presence non-segmented milkers with latex.
4. Complex of xeromorphic features of the leaf, taking into account ecomorph to soil salinity (salt residue 0.1 %), in our opinion, can be attributed *Euphorbia paralias* to haloxerophytes ecological group.

The work was carried out within the framework of the PIT project «Development of a network educational program in the direction of training 06.06.01 Biological Sciences, orientation 03.02.08 Ecology» of the development Program of the Federal state educational INSTITUTION «KFU. V. I. Vernadsky».

Keywords: population, phytocoenosis, *Euphorbia paralias* L., spatial structure, number, morphological criteria of age states, anatomical structure, classification «delta-omega».

References

1. Rands M. R., Adams W. M., Bennun L., Butchart S. H., Clements A., Coomes D., Entwistle A., Hodge I., Kapos V., Scharlemann J. P., Sutherland W. J., Vira B., Biodiversity conservation: challenges beyond 2010, *Science*, **329** (10), 1298 (2010).
2. Raven R. H., Chase J. M., Pires C., Introduction to special issue on biodiversity, *Amer. J. Bot.*, **98** (3), 333 (2011).
3. Flint V. E., Conservation of rare species in Russia (theory and practice), *Conservation and restoration of biodiversity*, p. 3 (Moscow: NUMC, 2002).
4. Zlobin Yu. A., Population ecology of plants: current state, growth points: monograph, 266 p. (Sumy: University book, 2009).
5. Zlobin Yu. A., Sklyar V. G., Klimenko A. A., Populations of rare plant species: theoretical foundations and methods of study: monograph. 439 p. (Sumy: University book, 2013).
6. Red book of the Republic of Crimea. Plants, algae, fungi, Rel. ed. d. b. n., Prof. A. V. Ena and Ph. D. A. V. Vatoryga, 480 p. (Simferopol: it "Arial" LLC, 2015).
7. Golubev V. N., Biological flora of Crimea, 86 p. (Yalta: NBS-NSC, 1996).
8. The Red Book of Ukraine. Flora, Ed. Ya. P. Didukh, 900 p. (K.: GlobalConsulting, 2009).
9. The Red Book of the Krasnodar Territory. Plants and mushrooms, Resp. ed. S. A. Litvinskaya. – 3rd ed, 850 p. (Krasnodar, 2017).
10. Rudall P., Laticifers in Crotonoideae (Euphorbiaceae): homology and evolution, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **81** (2), 270(1994).
11. Elhaak M. A., Ecophysiological study on *Euphorbia paralias* under soil salinity and sea water spray treatments, *Journal of Arid Environments*, **35**, 459 (1997).
12. Ciccarelli D., Leaf anatomical adaptations of *Calystegia soldanella*, *Euphorbia paralias* and *Otanthus maritimus* to the ecological conditions of coastal sand dune systems, *Caryologia.*, 142 (2009).
13. The Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms), Comp. R. V. Kamelin et al., p. 855 (M., 2008).
14. Shennikov A. P., Introduction to geobotany: Textbook, 447 p. (St. Petersburg (Leningrad): Publishing house of the Leningrad University, 1964).

15. Rabotnov T. A., Life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenoses, *Proceedings of the BIN an USSR. – Ser. 3, Geobotany*, **6**, 7 (Moscow: USSR Academy of Sciences, 1950).
16. Smirnova O. V., Zaugolnova L. B., Ermakova I. M., Coenopopulations of plants (basic concepts and structure), 216 p. (Moscow: Nauka, 1976).
17. Zhivotovsky L. A., Ontogenetic States, effective density and classification of plant populations, *Ecology*, **1**, 3 (2001).
18. Kharitonov S. P., The "nearest neighbor" Method for mathematical evaluation of the distribution of biological objects on a plane and on a line, *Bulletin of the Nizhny Novgorod University. N. I. Lobachevsky. – Ser. Biology*, **1**, 213 (2005).
19. Odum Yu., *Ecology*, **1**, 328 p. (M.: Mir Publishing House, 1986).
20. GOST 26423-85 Soil. Methods for determining the electrical conductivity, pH and the solid residue of the aqueous extract. General requirements – Introduction. 1986-01-01, 8 p. (M.: Interstate Standard: Publishing House of Standards, 2011).
21. GOST 12038-84. Seeds of crops. Germination determination methods. General requirements – Introduction. 1986-07-01, 31 p. (M.: Interstate standard: Publishing house of standards, 2016).
22. Prosin M. N., Botanical micro-technology, 206 p. (Moscow: Higher school, 1960).
23. Alexandrov V. G., Plant Anatomy, 431 p. (M: Higher school, 1966).
24. Ezau K., Anatomy of seed plants. Book 1, 284 p. (Moscow: Mir, 1980a.).
25. Ezau K., Anatomy of seed plants. Book 2, 627 p. (Moscow: Mir, 1980b).
26. Vasiliev B. R., The structure of the leaf of woody plants of different climatic zones, 208 p. (L.: Publishing house of Leningrad University, 1988).
27. Lotova L. I. Morphology and anatomy of higher plants, 528 p. (Moscow: editorial URSS, 2001).
28. Barykina R. P., Veselova T. D., Devyatov A. G., Handbook of Botanical microtechnics, 331 p. (Moscow: Moscow state University, 2004).
29. Serebryakova T. I., Voronin N. S., Serebryakov A. G., Botany with the basics of phytocenology. Anatomy and morphology of plants, 543 p. (Moscow: Akademkniga, 2006).
30. Korovkin O. A., Anatomy and morphology of higher plants: dictionary of terms, p. 268. (Moscow: Drofa, 2007).
31. Zakharevich S. F., On the method of describing the leaf epidermis, *Bulletin of the Leningrad University. Series 3: Biology*, **4**, 64 (L.: Publishing house of Leningrad University, 1954).
32. Aneli N. A., Atlas of the leaf epidermis, 110 p. (Tbilisi: Metsniereba, 1975).
33. Lakin G. F., Biometrics, 293 p. (Moscow: Higher school, 1980).
34. Uranov A. A., Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes, *Scientific reports of higher education. Biological sciences*, **2**, 7 (1975).
35. Zhukova L. A. Population life of meadow plants: Monograph, 224 p. (Yoshkar-Ola: riik "Lanar", 1995).

УДК 616.12-008.331.1(571.122)

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ НА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ И
РЕГУЛЯТОРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЖИТЕЛЕЙ ХМАО-ЮГРЫ С
ДИАГНОЗОМ АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ 1 СТЕПЕНИ**

Вохминцев А. П., Соловьева С. В.

*Тюменский государственный медицинский университет Минздрава России, Тюмень, Россия
E-mail: 646224@mail.ru*

Статья посвящена оценке влияния употребления порошкообразного природного цеолита (клиноптилолит) Холинского месторождения на регуляторные и исполнительные параметры неспецифической резистентности сердечно-сосудистой системы лиц, широкого возрастного диапазона (18–75 лет), проживающих на территории Югры и страдающих артериальной гипертензией 1 степени. Наблюдалась тенденция к снижению исполнительных параметров неспецифической резистентности центральной и периферической гемодинамики, оптимизация выраженности симптомов гипертензии. Наиболее выраженный эффект наблюдался в старших возрастных группах, что мы склонны связывать с особенностями минерального обмена у пожилых людей и его коррекцией цеолитами. Регуляторные параметры неспецифической резистентности системы кровообращения показали стабилизацию приспособительных явлений и активизацию антигипоксических механизмов, что позволяет охарактеризовать природные цеолиты как эффективный модулятор экологического прессинга окружающей среды Югры.

Ключевые слова: неспецифическая резистентность, сердечно-сосудистая система, артериальная гипертензия, природные цеолиты, дискомфортные территории.

ВВЕДЕНИЕ

Неспецифическая резистентность (НР) организма – понятие, давно устоявшееся в медико-биологической литературе. Под ней понимают устойчивость организмов в отношении различных факторов, а ее реализация осуществляется посредством схожих реакций на раздражители различной природы и силы воздействия [1].

Холод, гипоксия, эмоциональный стресс, техногенные загрязнения и ряд других неблагоприятных факторов регулярно сопровождают жителей Крайнего Севера и приравненных к ним территорий. Совокупность этих раздражителей приводит население Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО-Югры) к северному экологически обусловленному стрессу, названному «синдромом полярного напряжения» [2]. Данный синдром является результатом длительного напряжения систем, обеспечивающих НР организма.

Основными участниками процесса адаптации человека на тюменском Севере являются кровообращение, дыхание, кровь [3]. Взаимосвязанное участие крови,

миокарда и кровеносных сосудов определяет генерализованный ответ организма на воздействие эколого-климатических факторов.

Рядом исследователей показано достоверное снижение у северян эффективности восстановительных процессов, отражающихся в первую очередь на состоянии сердечно-сосудистой системы (ССС) [4–7] и приводящих, в конечном итоге, к гипертензивным реакциям, обширно распространенным среди жителей Югры [3, 8–10]. В некоторых возрастных группах число лиц с показателями систолического артериального давления (АДС) выше 130 мм.рт.ст. достигает 32–76 %. А. А. Баранов и В. Н. Катюхин склонны резюмировать, что явление артериальной гипертензии (АГ) на тюменском Севере по своей распространенности превосходит другие территории РФ [8, 11]. При этом высокое артериальное давление (АД) у мужчин преобладает над таковым у женщин и является фактором риска развития ишемической болезни и инфаркта миокарда [8, 11]. Поэтому актуальным остается вопрос профилактических мер для борьбы с АГ на Севере.

К наиболее эффективным и доступным методам оздоровления населения относится применение природных стимуляторов функций организма человека (БАДов). Употребление нутрицевтиков и парафармацевтиков без применения медикаментов помогает: восполнять дефицит микронутриентов; повышать неспецифическую резистентность организма к факторам окружающей среды; безопасно регулировать и поддерживать функции различных органов и систем. Это, по мнению многих авторов, обеспечивает снижение числа заболеваний, приводит к повышению уровня здоровья и, тем самым, продлению жизни человека [12–15].

В настоящее время в производстве биологически активных добавок довольно широко используются природные цеолиты, которые сочетают в себе ионообменные и адсорбирующие свойства, а так же свойства ионных и молекулярных сит, что позволяет использовать их в качестве адаптогенов в целях решения проблем эндоэкологии и экологии человека [16].

Закономерно возникает вопрос перспектив применения природных цеолитов для коррекции патологических состояний ССС, к которым можно отнести АГ 1 степени.

Таким образом, целью настоящей работы стала оценка показателей регуляторных и исполнительных параметров неспецифической резистентности ССС жителей Югры широкого возрастного диапазона, страдающих АГ 1 степени, после употребления порошкообразного природного цеолита – клиноптилолита.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 153 человека мужского (n=79) и женского (n=74) пола, больные АГ 1 степени в фазе ремиссии более 3-х месяцев, родившиеся, или проживающие на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югра (г. Ханты-Мансийск) более 15 лет.

Основываясь на сезонной динамике показателей артериального давления [17], обследование пациентов проводили в весенние месяцы, когда выраженность симптомов АГ максимальна. Работа выполнена на базах окружной клинической больницы (г. Ханты-Мансийск) и кафедры медицинской и биологической химии Ханты-Мансийской медицинской академии. Диагноз АГ был установлен в

соответствии с Рекомендациями Всероссийского научного Общества кардиологов (2010).

Критерии включения больных в исследование: 1) добровольное согласие на участие в исследовании; 2) ремиссия хронических заболеваний более 3-х месяцев, корректируемая рекомендациями лечащих врачей.

Критерии исключения из исследования: 1) отказ от сотрудничества; 2) острое заболевание и/или хроническое заболевание в фазе обострения, ремиссия менее 3-х месяцев; 3) наличие у больных АГ II-III степени, ишемической болезни сердца, некоронарогенных заболеваний миокарда.

Все испытуемые были разделены на группы, отражающие участие человека в трудовом процессе: 18–21 год – находящиеся на пороге трудовой деятельности, студенты средних специальных и высших учебных заведений; 22–35 лет – молодые специалисты, лица, активно участвующие в трудовом процессе; 35–60 лет – опытные профессионалы; 61 год и более – пенсионеры.

В ходе исследования был использован порошкообразный природный цеолит (клиноптилолит) Холинского месторождения (Якутия) производства ЗАО НПФ «Новь» (г. Новосибирск). Испытуемые употребляли цеолит согласно рекомендациям [18] по 1,25 г порошка 2 раза в день (утром и вечером) за 30 минут до еды, запивая 100 мл воды. Длительность приема составила 30 дней с пятидневным перерывом в середине курса. Параметры неспецифической резистентности кровообращения после употребления цеолита сравнивали с данными, полученными до начала исследования.

Для оценки динамики исполнительных механизмов неспецифической резистентности ССС определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (АДС) и диастолическое (АДД) артериальное давление (АД), измеряли по методу Н. С. Короткова на правой руке, с использованием тонометра и фонендоскопа в положении сидя, в покое. Пульсовое давление (ПД) вычисляли как разность АДС и АДД.

Для оценки динамики регуляторных механизмов рассчитывали индексы и коэффициенты: МОК (минутный объем кровообращения, ДП (двойное произведение) или индекс Робинсона, ВИК (вегетативный индекс Кердо).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel. Оценку вели методами вариационной статистики. Определяли среднее значение (M) и стандартную ошибку средней (m). Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обследование добровольцев демонстрировало картину характерную для жителей севера Западной Сибири с диагнозом АГ I степени (табл. 1).

У женщин с возрастом отмечалось снижение ЧСС. Разница между первой и четвертой группами обследованных лиц составила 7,1 удара в минуту ($p < 0,05$). Аналогичные закономерности женской физиологии на Севере были отмечены нами ранее [19], и являются динамическим отражением корректировки механизмов приспособления к эколого-климатическим особенностям региона. У мужчин

тенденция к брадикардии не столь выражена, а ЧСС старшей возрастной группы (61 и старше) был немногим больше, чем у юношей (18–21 год).

Таблица 1
Исполнительные и регуляторные параметры неспецифической резистентности органов кровообращения жителей Югры с диагнозом АГ 1 степени в зависимости от возраста (M±m)

№	Пол	n	Возраст (годы)	ЧСС уд./мин.	АДС мм. рт. ст	АДД мм. рт. ст	ПД мм.рт.ст.	МОК л/мин	ДП у.е.	ВИК у.е.
1.	м	28	18-21	74,1±1,92	121,5±2,02	76,2±2,24*	45,3±2,13	4,34±0,76	90,31±2,53	- 0,73±0,55
2.	ж	31		72,2±1,44	126,4±3,82	81,3±2,12	45,1±0,67*	3,64±0,65*	91,14±0,75	- 12,46±2,45
3.	м	14	22-35	72,03±1,80	129,72±2,46	89,52±2,21	41,82±0,76*	4,39±0,19	91,03±3,10	- 26,10±2,26
4.	ж	10		68,71±1,03	135,93±4,12	85,98±1,94	49,41±1,03	3,83±0,61	93,42±1,21	- 26,90±6,07
5.	м	11	36-60	68,2±2,12	143,2±1,56*	90,97±0,93	51,93±1,38	5,11±0,37*	95,91±3,73	-33,91±2,70
6.	ж	14		66,96±2,08	139,07±3,65	86,31±1,9	52,03±1,17	4,08±0,52	92,87±0,71	-30,03±3,26
7.	м	26	61-75	75,3±3,10*	141,7±1,93	91,9±0,86*	52,63±0,97	4,92±0,21	107,3±2,93*	- 22,42±1,32
8.	ж	19		65,1±0,71*	140,7±3,97	89,5±2,34*	51,12±2,02	3,87±0,23	90,91±1,06	-37,12±2,31

Примечание: * – значимые различия между показателями по возрасту.

Значения АДС И АДД у мужчин и женщин первой возрастной группы (18–21 год) интересны своей близостью к аналогичным значениям их здоровых сверстников [20]. Данное наблюдение еще раз подтверждает явление раннего напряжения сосудистого компонента НР на Севере [10]. Наиболее высокие значения АДС наблюдались у лиц в возрасте от 35 до 75 лет.

Рост показателей артериального давления нашел свое отражение и в значениях пульсового давления. Особое внимание следует обратить на третью и четвертую возрастные группы, где ПД в численном выражении превышает верхнюю границу нормы. Повышение ПД выше 50 мм рт. ст. является неблагоприятным фактором в прогнозировании течений заболеваний ССС [1].

В рамках нашего исследования величины МОК у лиц женского пола были значительно ниже аналогичных показателей женщин первой группы здоровья [20], проживающих на территории Югры. Максимальная отрицательная динамика достигала 45 % ($p < 0,05$) у женщин первой возрастной группы (18–21 год). МОК у мужчин с диагнозом АГ 1 степени напротив демонстрировал достоверный рост по сравнению с практически здоровыми, достигая максимума в четвертой возрастной группе – 16 % ($p < 0,05$). Подобное изменение этого параметра свидетельствует о непрерывно протекающих перестройках приспособительных механизмов [21].

Нами отмечено достоверное ($p < 0,05$) увеличение индекса ДП у мужчин и женщин старше 60 лет. Это указывает на увеличение потребности миокарда в кислороде в этом возрасте.

Один из важнейших регуляторных параметров неспецифической резистентности ССС – ВИК – не выходил за рамки нормы и демонстрировал устойчивую парасимпатикотонию у всех испытуемых.

Таким образом, исполнительные и регуляторные параметры неспецифической резистентности сердечно-сосудистой системы мужчин и женщин с диагнозом АГ 1 степени, проживающих на территории ХМАО, при наличии прогнозируемых симптомов – повышения АДС, АДД, отличаются высокой вариативностью, что позволяет избежать срыва адаптационных механизмов и позволяет осуществлять нормальную жизнедеятельность.

Четкое выполнение рекомендаций лечащих врачей и коррекция образа жизни позволяют жителям ХМАО-Югры с АГ 1 степени успешно функционировать, хотя ряд показателей и индексов имеют высокие значения, что говорит о необходимости терапевтической коррекции, даже при наличии повышения АД в пределах 1 степени [21].

Введение в рацион северян, страдающих АГ 1 степени, природного цеолита, привело к ряду изменений функциональных показателей ССС и, как следствие, расчетных индексов (табл. 2).

Во всех обследованных группах лиц наблюдалось незначительное снижение ЧСС. Максимальное снижение наблюдалось в у мужчин четвертой возрастной группы (61 и старше) и составляло в среднем на 3,8 уд./мин (5 %) меньше ($p < 0,05$), чем до начала приема цеолитов. В некоторых группах достоверность изменений статистически подтвердить не удалось.

Показатели артериального давления на фоне употребления природных цеолитов оказались ниже, чем до начала исследования. Учитывая достаточно широкий интервал ошибки средней, в некоторых возрастных группах этот результат не выходит за рамки погрешности, но общая тенденция к понижению прослеживается во всех возрастных группах обследованных лиц. Наиболее значительное понижение АД обнаружено у мужчин и женщин четвертой возрастной группы (61 и старше). У мужчин АДС составляло в среднем 5,6 % ($p < 0,05$), а АДД – 9,15 % ($p < 0,05$), у женщин – 4 % ($p < 0,05$) и 8,75 % ($p < 0,05$) соответственно. Обращает на себя внимание большее снижение диастолического давления по сравнению с систолическим.

Снижение ЧСС и показателей артериального давления отразилось на регуляторных параметрах неспецифической резистентности ССС. Снижение ПД зафиксировано во всех возрастных группах мужчин, что является благоприятным фактором. У женщин достоверное снижение этого показателя зафиксировано только во второй возрастной группе (22–35 лет).

Максимальный достоверный прирост ПД, в сравнении с измерениями до начала приема цеолитов, зафиксирован в первой возрастной группе у женщин – 12 % ($p < 0,05$), что мы связываем с более заметным снижением АДД по сравнению с АДС. Более быстрое изгнание крови из сердца, вызванное повышением сократительной способности миокарда, может в некоторой степени увеличить ПД [22].

ДП – индекс Робинсона – параметр, характеризующий систолическую функцию миокарда, по окончании курсового приема цеолита снижался во всех группах обследованных лиц, что отражает увеличение максимальных аэробных возможностей организма. Наиболее ярко это изменение было выражено в четвертой возрастной группе добровольцев (61 и старше).

К благоприятным эффектам можно с уверенностью отнести увеличение МОК. Наблюдаемый прирост этого параметра на фоне месячного курса употребления природного цеолита демонстрирует адаптацию сердечной мышцы.

Таблица 2
Исполнительные и регуляторные параметры неспецифической резистентности органов кровообращения жителей Югры с диагнозом АГ 1 степени после употребления цеолитов (M±m)

№	Пол	n	Возраст (годы)	ЧСС уд./мин.	АДС мм. рт. ст.	АДД мм. рт. ст.	ПД мм.рт.ст.	МОК л/мин	ДП у.е.	ВИК у.е.
1.	м	28	18-21	72,4±2,43	120,3±1,03	75,3±0,74 #	45,0±0,94 #	4,63±0,98	87,10±1,07 #	-4,01±1,62 #
2.	ж	31		70,8±1,64	127,6±2,12 *#	76,1±2,87 #	51,5±2,34* #	3,92±0,80	90,34±1,83 #	-7,49±2,31 #
3.	м	14	22-35	71,6±2,44	127,30±3,07	86,11±1,73 #	41,27±2,26 #	4,71±1,26	91,23±1,32 #	-19,81±2,26 #
4.	ж	10		67,27±0,83	131,94±3,87	84,13±3,61 #	46,84±2,11 #	3,95±1,03	88,37±4,75 #	-24,78±2,31 *#
5.	м	11	36-60	66,9±1,81 #	138,7±1,66 #	88,64±2,24 #	49,93±1,13 #	4,92±3,12 #	93,14±0,83 #	-32,71±3,43 *#
6.	ж	14		65,3±1,27	136,21±2,77	83,03±2,62 #	53,28±1,83 #	4,27±1,60	89,13±0,94 #	-27,79±3,04 #
7.	м	26	61-75	71,5±3,26 #	134,2±3,08 *#	84,2±2,09 *#	50,0±2,23 #	4,96±1,13	95,95±3,54 *#	-17,76±2,52 *#
8.	ж	19		62,7±2,81* #	134,9±2,78 *#	82,3±1,93 #	52,6±2,32* #	4,03±0,61	84,58±2,46 #	-31,26±2,36 #

Примечание: * – значимые различия между показателями по возрасту
Достоверность # – $p < 0,05$ изменения достоверны относительно начала исследования

ВИК не показал качественных изменений. Как и до начала исследования, у всех испытуемых наблюдалась устойчивая парасимпатикотония, что свидетельствует о сохранении тонуса парасимпатической нервной системы на фоне употребления натурального цеолита.

Таким образом, оценивая только изменения основных параметров неспецифической резистентности ССС, можно сделать заключение о достоверном влиянии натурального цеолита Холинского месторождения на организм жителей ХМАО-Югры с сердечно-сосудистой патологией.

Подобные медико-биологические эффекты цеолитов описаны в отечественной литературе. Так, Я. Б. Новоселов [23] описывал снижение АД, усиление диуреза, улучшение сна и повышение работоспособности у больных АГ, принимавших цеолитсодержащий БАД «Литовит». Н. Г. Мезенцевой с соавторами [12] показано уменьшение метеолабильности и тенденция к стабилизации АД, сопровождающаяся повышением толерантности к физическим нагрузкам и положительными сдвигами липидного обмена у лиц, принимавших порошкообразный цеолит. Выяснено также, что применение цеолитсодержащей БАД «Литовит» способствует снижению дезадаптивных проявлений в сердечнососудистой системе и привело к понижению метеочувствительности у строителей Северо-Муйского тоннеля в Бурятии [24].

Результаты проведенного нами исследования позволяют назвать эффект цеолитов модулирующим в отношении гемодинамики, что является результатом наложения двух биологических эффектов – энтеросорбционного и ионообменного. Отечественными и зарубежными авторами показано, что активация процессов детоксикации в пищеварительном тракте снижает нагрузку на иммунную, эндокринную и мочеполовую системы организма, а молекулярно-ситовые свойства цеолитов способствуют удалению из организма излишков Na^+ , и пополнению пула микроэлементов (K^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Si^{4+}), играющих немаловажную роль в формировании первичных микроэлементозов при артериальной гипертензии [16, 25–30]. Возможно, что именно стабилизация минерального обмена обуславливает большую выраженность биологических эффектов цеолитов у лиц старших возрастных групп.

Следует отметить, что уже на стадии пограничной артериальной гипертензии у больных присутствуют отчетливые гемореологические отклонения, важнейшими из которых являются снижение деформируемости эритроцитов, повышение их агрегационных свойств и увеличение вязкости цельной крови [31]. Стоит подчеркнуть, что природные цеолиты способны мягко стимулировать эритропоэз, что приводит к «омоложению» пула эритроцитов и увеличению их деформационных свойств [32, 33]. Повышение деформируемости эритроцитов ведет к снижению сопротивления току крови в микроциркуляторном русле и, согласно уравнению Пуазейля, должно привести к общему снижению гидродинамического сопротивления кровеносной системы, что должно иметь отражение в т.н. сосудистом компоненте артериального давления – диастолическом давлении. Нашу гипотезу подтверждает более заметное снижение АДД по сравнению с АДС.

Мы склонны полагать, что общая тенденция к снижению ЧСС связана с ростом МОК и снижением ДП. Изменение данных регуляторных параметров свидетельствует о снижении напряжения энергетического гомеостаза организма в ответ на употребление натуральных цеолитов, что демонстрирует перспективность исследования минералов данной группы на предмет их биологических эффектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исполнительные и регуляторные параметры неспецифической резистентности ССС лиц, проживающих на территории ХМАЮ-Югры и страдающих АГ 1 степени в стадии ремиссии более трех месяцев, демонстрировали зависимость от половых и возрастных факторов. Высокая вариативность данных параметров, нашедшая свое отражение в ошибке средней арифметической, позволяет испытуемым избежать срыва адаптации и успешно функционировать.
2. Употребление природного цеолита (клинтоптитолит) демонстрировало тенденцию к снижению исполнительных параметров НР центральной и периферической гемодинамики, оптимизацию выраженности симптомов гипертензии у всех обследованных лиц. Регуляторные параметры НР характеризовались стабилизацией приспособительных явлений и активацией антигипоксических механизмов, что указывает на общепопуляционную стратегию, выраженную в снижении напряжения адаптивных механизмов организма.

Список литературы

1. Брин В. Б. *Нормальная физиология* / В. Б. Брин., Ю. М. Захаров., Ю. А. Мазинг, и др; Под ред. Б. И. Ткаченко. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 688 с.
2. Казначеев В. П. *Проблемы адаптации и конституции человека на Севере* / Казначеев В. П. // Бюллетень СО АМН СССР. – 1984. – №4. – С. 95–99.
3. Соловьев В. С. *Здоровье жителей – как основа социально-экономического благополучия Югры. Югра – взгляд в будущее. Обзор социально-экономического развития ХМАО-Югры.* / Соловьев В. С. // Уральский рабочий. – 2006. – С. 270–285.
4. Баевский Р. М. *Оценка адаптивных возможностей организма и риск развития заболеваний* / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 235с.
5. Авцын А. П. *Патология человека на Севере* / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, А. Г. Марачев, А. П. Милованов. – М.: Медицина, 1985. – 415 с.
6. Хаснулин В. И. *Северный стресс, формирование артериальной гипертензии на Севере, подходы к профилактике и лечению* / В. И. Хаснулин, А. В. Хаснулина, И. И. Четчикина // Экология человека. – 2009. – № 6. – С. 26–30.
7. Баженова А. Е. *Проблемы адаптации к гипотермальным воздействиям в условиях Севера РФ* / А. Е. Баженова, А. А. Пахомов, Е. В. Валиева, Я. Ю. Алексеенко // Сложность. Разум. Постнеоклассика. – 2016. – №4. – С. 47–52.
8. Катюхин В. Н. *Артериальная гипертензия на севере* / В. Н. Катюхин, Д. В. Бажухин, И. В. Бажухина. – Сургут: СурГУ, 2000. – 132 с.
9. Мещеряков В. В. *Факторы риска и прогнозирование ранней манифестации эссенциальной артериальной гипертензии в региональных условиях ХМАО-Югры* / В. В. Мещеряков, Я. В. Гирш, Т. М. Сомова, О. А. Велиева // Journal of Siberian Medical Sciences. – 2014. – №5. – С. 1–10.
10. Говорухина А. А. *Адаптационные возможности и морфо-функциональные особенности студентов, проживающих в Югре* / А. А. Говорухина, О. А. Мальков, Л. Д. Благородова, А. А. Новоселова // Вестник НВГУ. – 2017. – №1. – С. 85–92.
11. Баранов А. А. *Здоровье детей России: научные и организационные приоритеты* / Баранов А. А. // Педиатрия. – 1999. – №3. – С. 4–6.
12. Мезенцева Н. Г. *Опыт применения БАД «Литовит» в медицинской практике* / Н. Г. Мезенцева, Г. Ф. Миронова, О. Н. Мичурина, Я. Б. Новоселов // Природные минералы на службе здоровья человека. Новосибирск: 2000. – С. 102–135.
13. Новоселов Я. Б. *Нарушение обмена биометаллов при острой алкогольной интоксикации и коррекция нарушений «Литовитом»: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16.* / Новоселов Я. Б. – Новосибирск, 2001. – 19 с.
14. Тендитная Н. М. *Маркеры окислительного стресса при необратимой стадии хронической обструктивной болезни легких. Пути коррекции: автореф дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16.* / Тендитная Н. М. – Новосибирск, 2003. – 16 с.
15. Ронинсон А. Г. *Особенности развития экспериментального рака легких у крыс при применении сорбентов с ионообменными свойствами: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16.* / Ронинсон А. Г. – Новосибирск, 2004. – 19 с.
16. Голохваст К. С. *Цеолиты: обзор медицинской литературы* / К. С. Голохваст, А. М. Паничев // Успехи наук о жизни – 2009. – №1. – С. 118–152.
17. Гапон Л. И. *Артериальная гипертензия в условиях Тюменского Севера* / Л. И. Гапон, Н. П. Шуркевич, А. С. Ветошкин, Д. Г. Губин – М.: Медицинская книга, 2009. – 173 с.
18. *Методические рекомендации в области оздоровительного (функционального) питания при различных состояниях [Текст].* – Новосибирск: СФЦОП, 2007. – 89 с.
19. Соловьева С. В. *Состояние антигипоксических и неспецифических защитных механизмов у жителей севера Тюменской области: автореф. дис. ... д-ра. мед. наук.* / Соловьева С. В. – Тюмень, 2007. – 37 с.
20. Вохминцев А. П. *Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы жителей ХМАО-Югры в процессе употребления природных цеолитов* / А. П. Вохминцев, С. В. Соловьева, И. М. Петров, Т. В. Зуевская // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019.– Т.5 (71), №.4. – С.13–21

21. Соловьева С. В. Физиология и патология кровообращения и дыхания у человека на Севере / С. В. Соловьева, А. В. Елифанов, С. В. Качин, В. С. Соловьев. – Тюмень: изд-во ТюмГУ, 2008. – 114 с.
22. Кобалава Ж. Д. Эволюционное представление об индуцированной артериальной гипертензии и применение антагонистов рецепторов ангиотензина 2 / Ж. Д. Кобалава, К. М. Гудков // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2002. – С. 4–15.
23. Новоселов Я. Б. Статистические данные консультационного центра НПФ «Новь» за период функционирования в течение двенадцати месяцев / Я. Б. Новоселов, О. А. Гаврилова, Н. Е. Суходоева // Минеральная среда и жизнь: Сборник материалов науч.-практ. конф. г. Новосибирск 23-24.10. 1997.– Новосибирск: 1997. – С. 116–120.
24. Хаснулин В. И. Применение «Литовита» для коррекции дизадаптивных состояний у строителей Северо-Муйского тоннеля / В. И. Хаснулин, В. Г. Селятицкая, П. В. Хаснулин // Природные материалы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Мат науч.-практ. конф. г. Новосибирск. – Новосибирск: 1999. – С. 161–163.
25. Шалабодов А. Д. Биологические мембраны и мембранный транспорт. / Шалабодов А. Д. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1999. – 155 с.
26. Балабекова М. К. Опыт применения энтеросорбентов. Обзор литературы / Балабекова М. К. // Вестник Алматинского государственного института усовершенствования врачей. – 2010. – №3–4. – С. 51–53.
27. Houston M. C. Potassium, magnesium, and calcium: their role in both the cause and treatment of hypertension / M. C. Houston, K. J. Harper. // J. Clin. Hypertens. (Greenwich). – 2008. – №7. – P. 3–11.
28. Li Y. Magnesium status and dietary intake of mid-old people in a rural area of China / Y. Li, A. Ma, Y. Sun, H. Liang et al. // Magnes. Res. – 2009. – Vol. 22(2). – P. 66–71.
29. Laurino C. Zeolite: "The magic stone"; Main nutritional, environmental, experimental and clinical fields of application. / C. Laurino, B. Palmieri // Nutrition Hospitalaria. – 2015. – 32(2), 5. – P. 73–81.
30. Bacakova L. Applications of zeolites in biotechnology and medicine – a review. / L. Bacakova, M. Vandrovcova, I. Kopova, I. Jirka // Biomaterials Science. – 2018. – 6(5). – P. 974–989.
31. Yaylali Y. T. Impaired blood rheology in pulmonary arterial hypertension / Y. T. Yaylali., E. Kilic-Toprak, Y. Ozdemir, H. Senol, M. Bor-Kucukatay // Heart Lung Circ. – 2019. – 28(7). – P. 1067–1073.
32. Марьинских В. В. Исследование вязкоэластических свойств мембран эритроцитов беспородных белых крыс с различным уровнем двигательной активности в ответ на стрессы различной этиологии и оценка деформируемости эритроцитов людей с гипертензией: автореф. дис. ... канд. биол. наук. / Марьинских В. В. – Тюмень, 2007. – 22 с.
33. Вохминцев А. П. Влияние цеолитов на показатели деформируемости эритроцитов беспородных крыс / А. П. Вохминцев, В. С. Соловьев // Вестник ТюмГУ. – 2008. – №3. – С. 28–34.

THE INFLUENCE OF NATURAL ZEOLITES ON EXECUTIVE AND REGULATORY PARAMETERS OF NON-SPECIFIC RESISTANCE OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF RESIDENTS OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA, DIAGNOSED WITH STAGE I ARTERIAL HYPERTENSION

Vokhmintsev A.P., Solov'eva S.V.

*Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia
E-mail: 646224@mail.ru*

Objective: Assessment of the dynamics of regulatory and executive parameters of nonspecific resistance of the cardiovascular system of Ugra residents of a wide age range, suffering from Stage 1 arterial hypertension, against the background of the use of powdered natural zeolite.

Materials and methods. The study involved 153 patients, both male ($n = 79$) and female ($n = 74$), with Stage 1 arterial hypertension in remission lasting over 3 months, who were born or have been residing in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Ugra (Khanty-Mansiysk) for over 15 years. The subjects were divided into four age groups in terms of their participation in the labor process. The patients were included in the study based on the following criteria: 1) voluntary consent to participate in the study; 2) remission of chronic pathology of blood circulation lasting over 3 months and corrected by traditional recommendations. The patients were excluded from the study based on the following criteria: 1) refusal to cooperate; 2) less than 15 years of northern experience; 3) an acute disease and chronic disease in the acute phase; 4) Stage II-III arterial hypertension, coronary heart disease, non-coronarogenic myocardial diseases. All of the studied participants were administered the powdered natural zeolite from the Kholinsky deposit for a 30-day period with a five-day break in the middle of the course. The dynamics of the actuators of nonspecific resistance of the cardiovascular system was assessed by means of the standard methods of measuring blood pressure and heart rate. The degree of tension of regulatory mechanisms was determined by calculating indices and coefficients.

Results. In all examined groups of individuals, a slight decrease of heart rate was observed. The greatest decrease of heart rate was observed in men of the fourth age group (61 years and older) and averaged 3.8 beats / minute (5 %) less ($p < 0.05$) than before zeolites were started. In some groups, the significance of changes was not statistically confirmed. Blood pressure values against the background of the use of natural zeolites were lower than before the study. Taking into account a rather wide interval of the average error, in some age groups this result does not go beyond the error, but a general downward trend is observed in all age groups of the examined individuals.

The most significant decrease in systolic and diastolic blood pressure in patients receiving zeolite powder was found in older age groups of the examined individuals (61 years and older). In men, the decrease was on average 5.6 % (systolic blood pressure) ($p < 0.05$) and 9.15 % (diastolic blood pressure) ($p < 0.05$), in women – 4 % (systolic blood pressure) ($p < 0.05$) and 8.75 % (diastolic blood pressure) ($p < 0.05$), respectively. Noteworthy is a greater decrease in diastolic pressure compared with systolic. The decrease in heart rate and blood pressure indicators affected the regulatory parameters of nonspecific resistance of the cardiovascular system. A decrease in pulse pressure was recorded in all age groups of men, which is a favorable factor. In women, a significant decrease in this indicator was recorded only in the second age group (22–35 years old). The maximum significant increase in pulse pressure, compared with measurements before taking zeolites, was recorded in the first age group in women – 12 % ($p < 0.05$), which we associate with a more noticeable decrease in diastolic blood pressure compared with systolic. A faster expulsion of blood from the heart, caused by an increase in the contractility of the myocardium, can to some extent increase the pulse pressure. The beneficial effects include an increase in the minute volume of blood. The observed increase in this parameter against the background of a monthly course of the use of natural zeolites demonstrates adaptation of the heart muscle. The double product, the Robinson index, is a parameter that characterizes the systolic function of the myocardium.

In observations of volunteers, at the end of the course intake of zeolites, we recorded a decrease in the double product in all groups of examined individuals. This change was most pronounced in the fourth age group of volunteers (61 years and older). A decrease in the double product at rest reflects an increase in the energy potential of the heart by increasing the maximum aerobic capacity of the body. The general tendency to lower heart rate in our opinion is associated with an increase in the minute volume of blood and a decrease in the double product. A change in these regulatory parameters indicates a decrease in the voltage of the energy homeostasis of the body in response to the use of natural zeolites. No qualitative changes in the Kerdo Vegetative Index were observed – persistent parasymictonia was observed in all groups of the examined individuals.

Conclusion. The course administration of powdered natural zeolite for people suffering from Stage I arterial hypertension showed an optimization of the severity of hypertension symptoms, displayed in a change in the executive and regulatory parameters of nonspecific resistance of peripheral and central hemodynamics, it suggests the general biological direction of the influence of these minerals on various organs and systems of the bodies of the people, living in the uncomfortable territories of the KhMAO-Ugra.

Keywords: non-specific resistance, cardiovascular system, arterial hypertension, natural zeolites, uncomfortable territories.

References

1. Brin V. B., Zaharov Yu. M., Mazing Yu. A. *Normal'naya fiziologiya: under the editorship of B. I. Tkachenko. - 3rd ed., rev. and additional* [Normal physiology: under the editorship of B. I. Tkachenko. - 3rd ed., rev. and additional], 688 p. (Moscow, Publ. GEOTAR-Media., 2016).
2. Kaznacheev V. P. Problems of adaptation and human constitution in the North. *Byulleten' SO AMN SSSR* [Bulletin SB USSR Academy of Medical Sciences], **4**, 95 (1984) (in Russ.)
3. Solov'ev V. S. [The health of residents – as the basis of socio-economic well-being of Ugra] *Ural'skij rabochij* [Ural worker], 270 (2006) (in Russ.)
4. Baevskij R. M., Berseneva A. P. *Ocenka adaptivnyh vozmozhnostej organizma i risk razvitiya zabolevanij* [Assessing the adaptive capabilities of the body and the risk of developing diseases], 235 p. (Moscow, Medicina Publ., 1997).
5. Avzin A. P., Javoronkov A. A., Marachev A. G., Milovanov A. P. *Patologiya cheloveka na Severe* [Pathology of humans in the North], 415 p. (Moscow, Medicina Publ., 1985).
6. Hasnulin V. I., Hasnulina A. V., Chechetkina I. I. Northern stress, the formation of arterial hypertension in the North, approaches to prevention and treatment *Ekologiya cheloveka* [Human ecology], **6**, 26 (2009) (in Russ.)
7. Bazhenova A. E., Pahomov A. A., Valieva E. V., Alekseenko Ia. U. Problems of adaptation to hypothermal stress in the north of the Russian Federation, *Complexity. Mind. Post-non-classics*, **4**, 47 (2016) (in Russ.)
8. Katyuhin V. N., Bazuhin D. V., Bazuhina I. V. *Arterial'naya gipertenziya na severe* [Arterial hypertension in the North], 132 p. (Surgut, SurSU Publ., 2000).
9. Meshcheryakov V. V., Girsh Ya. V., Somova T. M., Velieva O. A. Risk factors and prediction of early manifestation of essential arterial hypertension in the regional conditions of Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra, *Journal of Siberian Medical Sciences*, **5**, (2014) (in Russ.)
10. Govoruhina A. A., Mal'kov O. A., Blagorodova L. D., Novoselova A. A. Adaptation possibilities and morpho-functional features of students living in Ugra, *Vestnik NVGU* [Bulletin of the Nizhnevartovsk State University], **1**, 4 (2017) (in Russ.)
11. Baranov A. A. Children's Health in Russia: Scientific and Organizational Priorities, *Pediatriya* [Pediatrics], **3**, 4 (1999) (in Russ.)

12. Mezenceva N. G., Mironova G. F., Michurina O. N., Novoselov Ya. B. Experience in the use of dietary supplements "Litovit" in medical practice, *A collection of materials of Conference "Natural minerals in the service of human health"*, (Novosibirsk, 2000) p. 102 (in Russ.)
13. Novoselov Ya. B. *Violation of the exchange of biometals in acute alcohol intoxication and correction of violations "Litovit"* [Abstract of the dissertation of the candidate of medical sciences], 19 p. (Novosibirsk, 2001).
14. Tenditnaya N. M. *Markers of oxidative stress in the irreversible stage of chronic obstructive pulmonary disease. Correction ways* [Abstract of the dissertation of the candidate of medical sciences], 16 p. (Novosibirsk, 2003).
15. Ronninson A. G. *Features of the development of experimental lung cancer in rats using sorbents with ion-exchange properties* [Abstract of the dissertation of the candidate of medical sciences], 19 p. (Novosibirsk, 2004).
16. Golohvast K. S., Panichev A. M. [Zeolites: a review of the medical literature] *Uspekhi nauk o zhizni* [Advances in Life Sciences], **1**, 118 (2009) (in Russ.)
17. Gapon, L. I., Shurkevitch N. P., Vetoshkin A. S., Gubin D. G. *Arterial'naya gipertoniya v usloviyah Tyumenskogo Severa* [Arterial hypertension in the Tyumen North], 173 p. (Moscow, Medical book Publ., 2009).
18. *Methodical recommendations in the field of health (functional) nutrition in various conditions*. Novosibirsk, 89 p. (Publ. of Siberian Federal Center of Health Nutrition, 2007).
19. Solov'eva S. V., Elifanov A. V., Kachin S. V., Solov'ev V. S. *Fiziologiya i patologiya krovoobrashcheniya i dyhaniya u cheloveka na Severe* [Physiology and pathology of circulation and respiration in humans in the North], 114 p. (Tyumen, Pub. of TyumSU, 2008).
20. Vochmincev A. P., Solov'eva S. V., Petrov I. M., Zuevskaya T. V. The dynamics of the functional state of the cardiovascular system of the inhabitants of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra in the process of using natural zeolites. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University*, **5(71)**, 13 (2019) (in Russ.)
21. Solov'eva S. V. *The state of antihypoxic and nonspecific protective mechanisms in residents of the north of the Tyumen region* [Abstract of the dissertation of the doctor of medical sciences], 37 p. (Tyumen, 2007).
22. Kobalava J. D. Gudkov K. M. [The evolutionary concept of induced arterial hypertension and the use of angiotensin receptor antagonists 2] *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention], **4**, (2002) (in Russ.)
23. Novoselov Ya. B., Gavrilova O. A., Suhodoeva N. E. Statistical data of the consulting center of NPF "Nov" for the period of operation for twelve months, *A collection of materials of Conference "Mineral environment and life"* (Novosibirsk, 1997) p. 116 (in Russ.)
24. Hasnulin V. I., Selyaticckaya V. G., Hasnulin P. V. The use of "Litovit" for the correction of maladaptive conditions in the builders of the North-Muisky tunnel, *A collection of materials of Conference "Natural materials in the service of man"* (Novosibirsk, 1999) p. 161 (in Russ.)
25. Shalabodov A. D. *Biologicheskie membrany i membrannyj transport* [Biological membranes and membrane transport], 155 p. (Tyumen, Pub. of TyumSU, 1999).
26. Balabekova M. K. Experience with the use of enterosorbents. Literature review, *Vestnik Almatinskogo gosudarstvennogo instituta usovershenstvovaniya vrachej* [Bulletin of Almaty State Institute of Advanced Medical Studies], **3-4**, 3 (2010) (in Russ.)
27. Houston M. C. Harper K. J. Potassium, magnesium, and calcium: their role in both the cause and treatment of hypertension, *J. Clin. Hypertens (Greenwich)*, **7**, 3 (2008).
28. Li Y., Ma A., Sun Y., Liang H. et al. Magnesium status and dietary intake of mid-old people in a rural area of China, *Magnes. Res.*, **22(2)**, 66 (2009).
29. Laurino C., Palmieri B. Zeolite: "The magic stone"; Main nutritional, environmental, experimental and clinical fields of application, *Nutrition Hospitalaria*, **32(2)**, **5**, 73 (2015).
30. Bacakova L., Vandrovцова M., Kopova I., Jirka I. Applications of zeolites in biotechnology and medicine – a review, *Biomaterials Science*, **6(5)**, 974 (2018).
31. Yaylali Y. T., Kilic-Toprak E., Ozdemir Y., Senol H., Bor-Kucukatay M. Impaired blood rheology in pulmonary arterial hypertension, *Heart Lung Circ.* **28(7)**, 1067 (2019).

32. Mar'inskih V. V. *Investigation of the viscoelastic properties of erythrocyte membranes of outbred white rats with different levels of motor activity in response to stresses of various etiologies and an assessment of the deformability of red blood cells in people with hypertension* [Abstract of the dissertation of the candidate of medical sciences], 22 p. (Tyumen, 2007).
33. Vokhmintsev A. P., Solov'ev V. S. [The influence of zeolites to the deformability of erythrocytes of outbred rats], *Vestnik Tyumenskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Bulletin of the Tyumen State University], **3**, 28 (2008) (in Russ.)

УДК 574.472(470.318)

**ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТРАВЯНИСТОГО ЯРУСА
ПАРЦИАЛЬНЫХ ФЛОР ОСТАТОЧНЫХ ГОРОДСКИХ ЛЕСНЫХ
ЭКОСИСТЕМ КАЛУГИ И ОБНИНСКА**

Евсеева А. А.

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

В статье представлены результаты сравнительного исследования разнообразия травянистого яруса остаточных городских лесов на примере городов Калуги и Обнинска, в которых реализуются отличающиеся подходы к сохранению остаточных лесных сообществ на территории города. Обнинск практикует сохранение вошедших в городскую черту остаточных естественных лесных сообществ в качестве объектов рекреации, в Калуге же подобные лесные сообщества рекреационного назначения находятся в состоянии прерванной сукцессии и испытывали на себе лесотехнические мероприятия. В Калуге отмечено большее количество сорных и луговых видов. Количественный и качественный состав спектров наиболее распространенных семейств и родов, меньшее содержание синантропных видов в травянистом ярусе лесов Обнинска свидетельствуют в пользу предположения о большем запасе их устойчивости.

Ключевые слова: биологическое разнообразие, таксономический анализ флоры, травянистый ярус, урбофитоценозы, лесные экосистемы, рекреационная нагрузка, устойчивость экосистем.

ВВЕДЕНИЕ

Важными резерватами обеспечения сохранения биологического разнообразия являются леса [1, 2]. Для его поддержания целесообразны исследования флористического разнообразия в целом, а также растений травянистого яруса лесных экосистем, в частности, [3, 4]. Травянистый ярус как функциональная единица лесной экосистемы играет большую роль в ее формировании и возобновлении [5]. Живой напочвенный покров обеспечивает стабильность малого круговорота веществ и таким образом участвует в поддержании устойчивости экосистемы [6], воздействует на микроклимат в лесном сообществе и циклы жизни древесных пород [7, 8]. Виды живого напочвенного покрова реагируют на внешние воздействия первыми и теряют свою целостность. В свою очередь измененный травянистый ярус не может выполнять свои функции в полной мере и являться средой формирования будущего подроста, что способствует дальнейшему разрушению экосистемы. В связи с этим, на основании таксономического анализа и выявления экологических особенностей флористического разнообразия травянистого яруса можно судить об устойчивости и измененности лесных рекреационных экосистем.

Городские леса находятся в условиях непрерывной повышенной рекреационной нагрузки, претерпевают определенные изменения, которые отражаются в первую очередь на живом напочвенном покрове. К особенностям лесных массивов в городе относят уплотнение верхних горизонтов почвы, изменение ее физических и гидрологических свойств [9, 10]. Проблема исследования и сохранения живого напочвенного покрова в остаточных рекреационных городских лесах, несущих высокую рекреационную нагрузку, остается малоизученной. Однако это направление исследований является важным, поскольку антропогенная нагрузка оказывает существенное влияние на разнообразие и обилие травянистых растений лесного урбофитоценоза [3, 11, 12], а значит, и на выполнение им санитарно-гигиенических и экологических функций в городской среде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является флористическое разнообразие травянистого яруса остаточных городских лесов на примере двух городов Калужской области – Калуги и Обнинска, находящихся на расстоянии 70 км и реализующих разные подходы к сохранению лесных сообществ на территории города. Предполагается, что травянистый ярус лесов Обнинска обладает флористическими характеристиками менее нарушенного лесного сообщества по сравнению с лесами Калуги, поскольку известно, что городские леса Обнинска имеют более высокий уровень устойчивости [13].

Определяющим различием между исследуемыми городами является подход к сохранению лесных массивов на городской территории. Обнинск практикует сохранение вошедших в городскую черту лесов при развитии территории города в качестве рекреационных объектов. В г. Обнинске сохранение остаточных естественных лесных массивов в качестве объектов озеленения – результат продуманной градостроительной политики по сохранению естественной растительности в городских кварталах. В Калуге подобные лесные сообщества находятся в состоянии прерванной естественной сукцессии и испытывали на себе в недавнем прошлом лесотехнические мероприятия и рекультивационные работы. Некоторые лесные рекреационные массивы восстановлены после многочисленных вырубок, например, Калужский городской бор [14, 15].

Анализ видового состава травянистого яруса проводился в типичных для северной части Калужской области ассоциациях сосново-еловых лесов [16]. Среди выбранных для исследования лесных массивов Калуги (рис. 1) – памятник природы федерального значения Калужский городской бор, крупный фитоценоз, являющийся уникальным участком южного варианта соснового леса, его остаточный лесной массив «Комсомольская роща», имеющий статус памятника природы регионального значения; лесная часть памятника природы регионального значения «Парк усадьбы Яновских» с хвойно-широколиственными насаждениями; окраинный лесной массив около микрорайона «Ольговка», не имеющий охранного статуса [17].



Рис. 1. Расположение объектов и точек исследования на территории г. Калуги.
 1 – Калужский городской бор, 2 – Комсомольская роца, 3 – Парк усадьбы Яновских, 4 – лесной массив возле микрорайона «Ольговка».

Все выбранные для исследований сообщества в Обнинске – остатки естественных лесных массивов (рис. 2). Исследованный в Обнинске естественный остаточный фитоценоз дача «Бутры», или «Кончаловский лес», имеет статус памятника природы регионального значения. Крайний крупный массив «Белкинский лес» и находящийся в центральной части города «Гурьяновский лес» не имеют природоохранного статуса, в них представлены разнообразные хвойно-широколиственные ассоциации [17].

Древостои объектов изучения в Калуге и Обнинске относятся к спелым, а Калужский городской бор к перестойным насаждениям. Основными лесобразующими породами объектов изучения в обоих городах являются доминирующая *Pinus sylvestris* L. с примесью *Picea abies* (L.) Karst. В подросте часто отмечаются молодые и средневозрастные *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., из мелколиственных пород распространены *Sorbus aucuparia* L., а также *Betula verrucosa* Ehrh. и *Betula alba* L. в Калуге и Обнинске соответственно. Возобновление на площадках в Калуге характеризуется видами *Acer platanoides* L., *Quercus robur* L., изредка встречается *Tilia cordata* Mill., здесь отсутствует основная лесослагающая порода *Pinus sylvestris* L. В Обнинске для пород возобновления,

помимо приведенных для изученных площадок Калуги, наиболее характерны доминирующая *Pinus sylvestris* L., также часто отмечается *Picea abies* (L.) Karst.

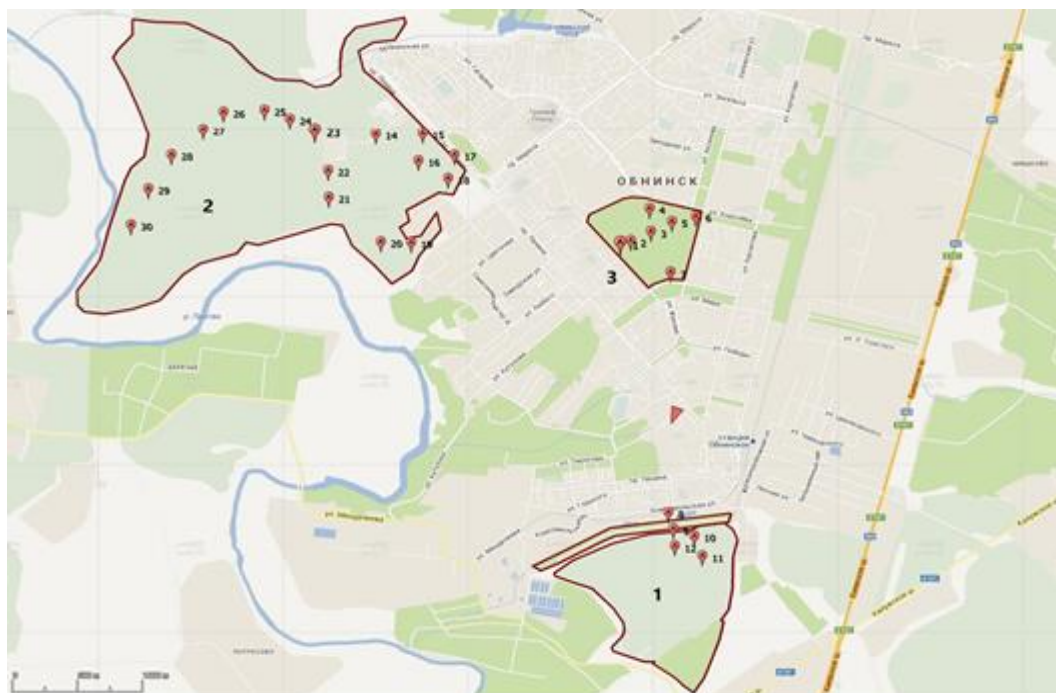


Рис. 2. Расположение объектов и точек исследования на территории г. Обнинска.

1 – Кончаловский лес, 2 – Белкинский лес, 3 – Гурьяновский лес.

Для изучения флористического состава и таксономического разнообразия в данных городских лесных фитоценозах были выбраны площадки со сходными условиями произрастания. Для анализа растительности были выбраны сосняки травяные, сосняки лещиново-кисличные, сосняки елово-кисличные, ельники снытевые, ельники травяные в одинаковом соотношении. Основные выявленные типы лесорастительных условий в изучаемых лесных экосистемах – свежие и влажные сложные субори, свежие и влажные судубравы.

В исследуемых городах было выбрано по 30 учетных площадок, на которых проводились геоботанические описания (рис. 1–2). Описания на всех площадках проводились дважды в течение вегетационного периода – в июне и августе – для полноты охвата произрастающей на них флоры.

Оценка обилия видов на учётных площадках проводилась по шкале Браун-Бланке [18]. Удобство использования данной шкалы обилия заключается в возможности оценивать при помощи нее долю присутствия чужеродных и синантропных, а также выявлять доминирующие виды на учетных площадках исследования, что немаловажно для оценки рекреационной измененности растительных сообществ. Материалом исследования служили сборы растений

травянистого яруса. Видовая приуроченность растений определялась по «Флоре средней полосы европейской части России» [19], для определения видов пикульников использовалась работа Е. В. Масловой [20]. Адвентивный компонент флоры и степень натурализации заносных видов были даны по А.В. Крылову [21]. Для выяснения флористического сходства между исследуемыми территориями городов использовались коэффициент ранговой корреляции Спирмена [22], а также коэффициент Сёренсена-Чекановского [23]. Статистическая обработка материала производилась с использованием классических методов математической статистики [22], а также прикладного пакета программ Microsoft office. Гербаризированные материалы хранятся в научном гербарии Калужского государственного университета им. К. Э. Циолковского.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В травянистом ярусе исследованных площадок городских лесов Калуги выявлен 141 вид растений. (табл. 1). Травянистый ярус обследованной территории лесов Обнинска отличается немного большим разнообразием и насчитывает 157 видов. При этих незначительных количественных различиях, рассчитанный нами коэффициент флористического сходства Сёренсена-Чекановского (K_{sc}) составил 0,644, что указывает на предполагаемую разницу в составе исследуемых парциальных флор, определяемую градостроительной политикой изучаемых городов.

Участие *Magnoliophyta* в травянистом ярусе обоих городов составляет значительную долю. В Калуге *Magnoliophyta* составляет 92,2 %, в Обнинске 95,5 %. *Magnoliopsida* более представлен в лесах Обнинска, здесь сюда относится 124 вида растений, в то время как в Калуге к *Magnoliopsida* относятся 100 видов. *Liliopsida*, напротив, более разнообразен в травянистых спектрах калужских городских лесов, где насчитывает 30 видов, в Обнинске же он составляет 26 видов.

Отделы *Equisetophyta* и *Polypodiophyta* имеют относительно низкое разнообразие в обоих исследуемых городах, что отражает общие пропорции флоры региона [17]. *Equisetophyta* включает единственное монотипное семейство *Equisetaceae* на всей обследованной территории.

Родовой коэффициент отражает среднее число видов в роде. Данная величина демонстрирует систематическое разнообразие. Флоры с большим разнообразием имеют более высокие родовые коэффициенты [24]. Исходя из этого, более представленные таксоны во флоре имеют более высокие показатели данного коэффициента.

Родовой коэффициент рассчитывался нами лишь для отдела *Magnoliophyta* в связи с тем, что другие отделы оказались представлены чрезвычайно малым числом видов. При сравнении таксономического разнообразия травянистого яруса лесов Калуги и Обнинска, отраженного в родовом коэффициенте (табл. 1), видно соотношение между видовым биоразнообразием (общим количеством найденных в сообществах видов) и средним количеством видов в родах.

Таблица 1
Таксономическое разнообразие травянистых ярусов городских лесов
Калуги и Обнинска

Отдел	Кол-во видов	% участия	Количество родов	% участия	Количество семейств	% участия	Родовой коэффициент
Калуга							
<i>Equisetophyta</i>	3	2,1	1	1	1	2,5	—
<i>Polypodiophyta</i>	8	5,7	6	6	4	10	—
<i>Magnoliophyta</i> в т.ч.:	130	92,2	94	93	35	87,5	1,38
<i>Magnoliopsida</i>	100	70,9	76	75	31	77,5	1,30
<i>Liliopsida</i>	30	21,3	18	18	4	10	1,66
Всего:	141		101		40		1,39
Обнинск							
<i>Equisetophyta</i>	2	1,3	1	0,9	1	2,8	—
<i>Polypodiophyta</i>	5	3,2	4	3,6	3	8,3	—
<i>Magnoliophyta</i> в т.ч.:	150	95,5	107	95,5	32	88,9	1,40
<i>Magnoliopsida</i>	124	78,9	89	79,4	28	77,7	1,39
<i>Liliopsida</i>	26	16,6	18	16,1	4	11,1	1,40
Всего:	157		112		36		1,4

В Обнинске родовой коэффициент общего биоразнообразия несущественно больше, чем в Калуге. Обнаруженные небольшие различия в показателях родového коэффициента, вероятно, обусловлены небольшим охватом территории, а также унификацией биотопов в городе. Вместе с тем – это может быть и следствием определенной тенденции динамики флоры исследуемых урбофитоценозов. Интересно, что больший родовой коэффициент *Magnoliophyta* и *Magnoliopsida* отмечается в Обнинске, в то время как родовой коэффициент *Liliopsida* значительно выше в Калуге. Это объясняется не столько богатством флоры, сколько качеством видового состава *Liliopsida*. В Калуге среди семейств однодольных встречается большое количество сорных и луговых видов, к примеру *Carex hirta* L., *C. contigua* Норре., *Allium rotundum* L. s.l. и др., по сравнению с городскими лесами Обнинска, где однодольные растения представлены исключительно видами лесных местообитаний. Одной из причин большего родového коэффициента *Liliopsida* в Калуге может быть феномен «олуговления лесов» [25, 26], который проявляется в большом содержании луговых злаков в лесной флоре. Олугование лесов происходит из-за невозможности лесного сообщества противостоять интенсивной

рекреационной нагрузке, что может свидетельствовать о снижении устойчивости экосистемы. Исходя из этого, можно сделать предположение о более низкой устойчивости остаточных лесных экосистем Калуги.

Спектры ведущих семейств для исследуемых городов представлены в таблице 2. Они показывают достаточное сходство, поскольку исследуемые города находятся в одном флористическом районе и имеют общие пропорции флоры. Тем не менее, при сравнении спектров доминирующих семейств, благодаря коэффициенту ранговой корреляции Спирмена ($R_s = 0,648$, при $p \leq 0,05$) можно говорить о существующих определенных различиях систематической структуры исследуемых территорий, предположительно обусловленных различиями в подходах к их сохранению в составе городской территории.

Таблица 2

Спектр ведущих семейств травянистых ярусов городских лесов Калуги и Обнинска

Семейство	Калуга		Обнинск	
	Общее кол-во видов	% от общего числа	Общее кол-во видов	% от общего числа
1. Poaceae	17	12,1	16	10,2
2. Cyperaceae	7	5	5	—
3. Liliaceae	5	3,5	4	—
4. Caryophyllaceae	6	4,2	6	3,8
5. Ranunculaceae	7	5	6	3,8
6. Rosaceae	12	8,5	11	7
7. Fabaceae	5	3,5	12	7,6
8. Geraniaceae	<i>1*</i>	—	7	4,4
9. Apiaceae	7	5	7	4,4
10. Lamiaceae	9	6,4	10	6,3
11. Asteraceae	16	11,3	23	14,7
Остальные	50	35,5	53	33,7
Всего	141	100	157	100

Примечание: * курсивом отмечены значения семейств, не относящихся к ведущим в данном городе, но пересекающихся в сравниваемых городах.

Как в Калуге, так и в Обнинске данные спектры включают *Poaceae*, *Rosaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Caryophyllaceae* и *Ranunculaceae*. Однако, существует качественная разница в составе этих таксонов на исследуемых площадках данных городов.

Наиболее распространенным семейством в Калуге оказалось семейство *Poaceae*. На исследованных площадках оно представлено такими видами как *Elytrigia repens* (L.) Nevski, рядом представителей рода *Poa*, относящимся к типичным луговым, а также прочим «не лесным» местообитаниям (*Poa trivialis* L., *P. pratensis* L., *P. compressa* L.). Как было сказано выше, это может быть связано с

«олуговением» городских лесов. Следует отметить, что приведенные примеры представителей *Poaceae* не отмечаются на площадках исследований Обнинска. Семейство *Asteraceae* отличается высокой численностью видов в обоих городах, однако содержит в своем составе достаточно высокое количество сорных видов, таких как *Arcticum tomentosum* Mill., *Artemisia vulgaris* L., *Centaurea jacea* L., *Cichorium intybus* L., а в Калуге и интродуцент *Tragopogon orientalis* L. [21].

В представленных спектрах наблюдаются определенные различия. В Калуге среди ведущих семейств присутствуют *Cypraceae* и *Liliaceae*, отсутствующие в Обнинске. Качественный состав этих семейств г. Калуги с присутствием луговых и сорных видов, таких как *Carex contigua* Норре, *Allium rotundum* L. s.l. и др., указывает на внедрение в лесные экосистемы видов нарушенных местообитаний. Присутствующее в спектре ведущих семейств Обнинска *Geraniaceae* богато лесными видами (*Geranium pratense* L., *G. sanguineum* L., *G. silvaticum* L.).

Ведущие семейства в обоих городах составляют примерно одинаковую долю видов: в Калуге 64,5 %, в Обнинске 66,3 %. Остальные семейства являются малочисленными, к ним относятся 5 видов и менее. Больше по сравнению с Обнинском и абсолютное и относительное число семейств и видов в Калуге относится к монотипным семействам. В Калуге 16 (11,3 %) семейств являются монотипными. В Обнинске к монотипным относятся 8 семейств, составляющих всего 5 % всех выявленных. Причиной отмечаемой большей монотипизации семейств флоры фитоценозов Калуги может служить их более упрощенная структура на фоне ослабления внутривидовых связей. Бедность городской флоры может быть связана и с тем, что в динамично изменяющейся среде города, способны произрастать отдельные представители таксонов.

Спектры ведущих родов флоры исследуемых городов также имеют определенное сходство (рис. 3–4). При этом рассчитанный коэффициент ранговой корреляции Спирмена (R_s) составил 0,716 (при $p \leq 0,05$), что может указывать на имеющуюся разницу сравниваемых территорий, подтверждаемую анализом видовой структуры родов растений травянистого яруса. В обоих спектрах присутствуют следующие рода: *Carex*, *Poa*, *Galium*, *Ranunculus*. Наиболее многочисленным родом в Калужских лесах оказался род *Carex*, включающий 6,9 % выявленных видов, однако, он включает луговые виды (*Carex contigua* Норре). В Обнинске наиболее многочисленный род – *Geranium*, он составляет 6,2 % видов, обнаруженных на исследуемой территории и богат видами лесных местообитаний (см. анализ ведущих семейств). Род *Poa* на исследованной территории Обнинска представлен лесными видами (*Poa nemoralis* L., *P. annua* L.), в отличие от Калуги, где данный род включает ряд луговых и прочих видов. Наблюдаются отличия и в структуре рода *Galium*: если на площадках исследования в Обнинске отмечаются исключительно лесные представители рода, такие как *Galium mollugo* L., *G. intermedium* Schult., *G. rivale* (Sibth. Et Smith) Griseb., то на площадках Калуги присутствует *Galium verum* L., часто приуроченный к луговым сообществам. Род *Ranunculus* включает в исследуемых городах в состав сходные виды, но имеет и различие – только в калужских лесных сообществах отмечен вид *Ranunculus auricomus* L. aggr., часто встречающийся в болотно-луговых сообществах. Качественный состав спектров ведущих родов характеризует флору как

лесную. Однако включение в эти спектры таких родов, как *Impatiens*, *Poa*, *Trifolium*, говорит об ослабевании внутриценотических связей городских фитоценозов и их нарушенности под воздействием городской среды. Монотипные и содержащие по 2 вида рода преобладают во флоре травянистого яруса лесов исследованных городов. В Калуге 77 (76,2 %) родов монотипные, 14 (13,8 %) содержат по два вида. В Обнинске к монотипным относятся 82 рода, что составляет 73 % выявленной флоры, 21 род содержит по два вида (18,75 % всех выявленных видов). Таким образом, монотипизация родов и семейств травянистого яруса городских лесов Обнинска ниже, чем в Калуге. Также флора обследованных площадок обнинских городских лесов отличается большим количеством типичных лесных видов в его составе.

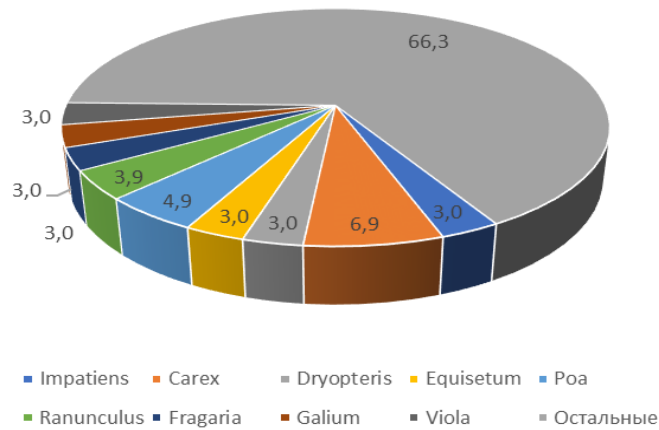


Рис. 3. Спектр ведущих родов травянистого яруса городских лесов г. Калуги, %

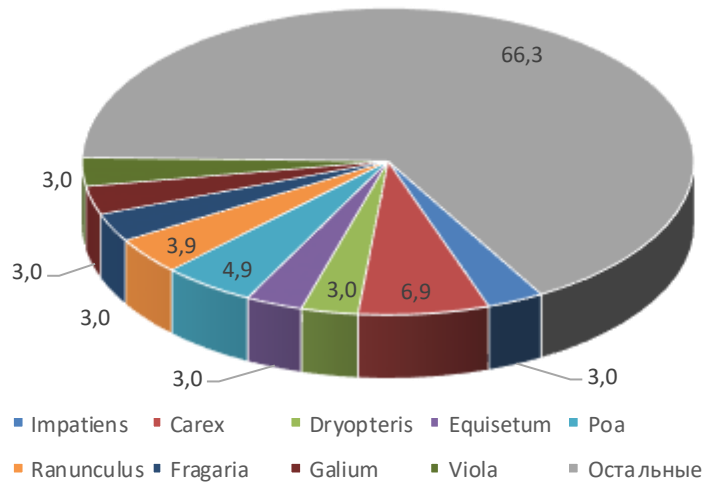


Рис. 4. Спектр ведущих родов травянистого яруса городских лесов г. Обнинска, %

Наиболее распространенные виды отражают тип растительного сообщества, участвуют в формировании ассоциаций, а значит, являются в определенной мере средообразующими. Для каждого города было выделено по 10 видов растений, наиболее часто встречаемых на площадках исследования (табл. 3). Поскольку геоботанические описания проводились на всех площадках дважды за вегетационный сезон, в данном анализе был учтен каждый факт встречи вида на учетных площадках исследования. Среди наиболее распространенных видов травянистого яруса городских лесов Калуги и Обнинска в основном отмечены типичные лесные виды аборигенной флоры. Однако в Калуге самым распространенным видом является *Impatiens parviflora* DC., типичный сорный вид, представитель рудеральных местообитаний (встречен в 60 % геоботанических описаний площадок). Данный вид отмечается как наиболее распространенный в рекреационно загруженных лесных городских экосистемах и в других городах [27]. Все наиболее распространенные виды Обнинска являются представителями лесных мест обитания.

Таблица 3
Наиболее распространенные виды лесных фитоценозов Калуги и Обнинска

Вид	Калуга		Обнинск	
	Количество встреч вида в описаниях площадок исследования	% встречаемости	Количество встреч вида в описаниях площадок исследования	% встречаемости
1. <i>Athyrium filix-femina</i>	23*	—	42	46,6
2. <i>Dryopteris carthusiana</i>	47	52,2	56	62,2
3. <i>Convallaria majalis</i>	35	38,8	40	44,4
4. <i>Paris quadrifolia</i>	4	—	45	50
5. <i>Urtica dioica</i>	32	35,5	40	44,4
6. <i>Asarum europaeum</i>	31	34,4	49	54,4
7. <i>Stellaria holostea</i>	42	46,6	24	—
8. <i>Fragaria vesca</i>	30	—	43	47,7
9. <i>Oxalis acetosella</i>	35	38,8	14	—
10. <i>Impatiens parviflora</i>	54	60	38	—
11. <i>Aegopodium podagraria</i>	35	38,8	39	—
12. <i>Lysimachia nummularia</i>	26	—	47	52,2
13. <i>Ajuga reptans</i>	39	43,3	67	74,4
14. <i>Lamium galeobdolon</i>	44	48,8	58	64,4

Примечание: * курсивом отмечены значения видов, не относящихся к наиболее распространенным в данном городе, но пересекающихся в сравниваемых городах.

Отдельному анализу подверглись синантропные виды, присутствующие на исследованных площадках. В их травянистом ярусе в Калуге было выявлено всего 25 видов синантропов, среди которых 4 чужеродных (*Myosotis sylvatica* Ehrh. ex Hoffm., *Impatiens parviflora* DC., *I. glandulifera* Royle, *Viola odorata* L.). Наиболее распространенными из синантропных видов здесь являются *Geum urbanum* L., *Urtica dioica* L., *Impatiens parviflora* DC., *Plantago major* L., *Chelidonium majus* L., *Taraxacum officinale* Wigg.

Количественное распространение синантропных видов на площадках в Калуге представлено на рисунке 5. На данной гистограмме видно площадки с наиболее высокими значениями присутствия данных видов (3–5, 15–16, 30). Все эти площадки исследования располагаются в лесных объектах наиболее близко к жилым кварталам и имеют наибольшую пешеходную проходимость. Также на всех данных площадках присутствуют заносные виды. Другие же площадки исследований имеют значительно меньшее количество синантропных видов (17–19), а некоторые лишены адвентивных видов (площадка 17).

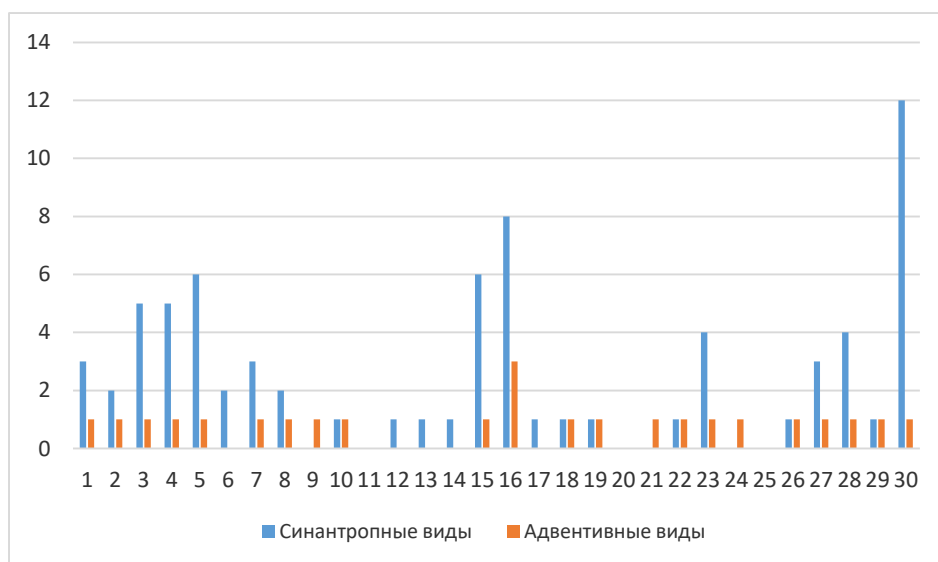


Рис. 5. Количество синантропных видов на площадках в г. Калуге.

На площадках 11, 20 и 25 отсутствуют заносные виды. Эти площадки располагаются в Калужском городском бору, в глубине лесного массива.

При анализе обилия синантропных видов на исследуемых площадках в Калуге были выявлены участки леса, наиболее измененные синантропной растительностью (рис. 6).

Площадки 1–4 располагаются в Комсомольской роще и имеют высокое обилие синантропных видов, что объясняется высокой популярностью рощи как зоны отдыха горожан. Данный объект относительно невелик, что не позволяет ему сохранять устойчивость и успешно сопротивляться рекреационной нагрузке. Все

пики данного рисунка соответствуют площадкам с хорошей пешеходной доступностью. На учетных площадках Калуги была выявлена корреляционная связь между количеством синантропных видов, в том числе адвентивных, и их обилием на площадках ($r_s = 0,773$, при $p \leq 0,01$).

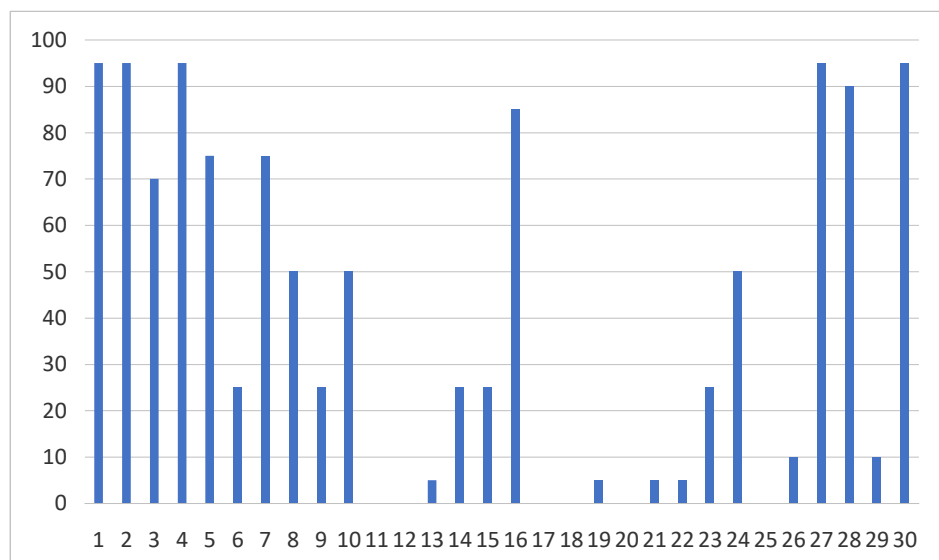


Рис. 6. Обилие синантропных видов на площадках в г. Калуге, %.

На рисунке 7 представлено распространение синантропных видов растений на площадках города Обнинска. В целом, при сравнении данного рисунка с рис. 6, графическое выражение демонстрирует меньшее содержание на площадках Обнинска синантропных, в том числе заносных видов. Как видно из рисунка, в Обнинске меньше пиков на графике и их значение не столь высокое как в Калуге.

Всего на площадках Обнинска отмечено 15 синантропных видов, 2 из которых чужеродные (*Impatiens parviflora* DC. и *Solidago gigantea* Ait.), против 25 синантропных видов в Калуге, включая 4 чужеродных. Среди данной группы видов наиболее распространены *Geum urbanum* L., *Urtica dioica* L., *Plantago major* L., *Lapsana communnis* L., *Taraxacum officinale* Wigg. Максимальное количество нахождения синантропов на площадках составляет 7 видов (площадки 8 и 18). На 11 площадках в числе синантропных отсутствуют заносные виды. В относительно нагруженном рекреацией Гурьяновском лесу свободными от заносных видов оказались площадки 5 и 7. Остальные площадки рисунка 7, на которых отсутствуют адвентивные виды, находятся в Белкинском лесу. В Калуге все площадки, лишённые заносных видов, находились на удалении от жилых кварталов и имели меньшую доступность для населения. Возможно, это подтверждает данные о более высокой устойчивости остаточных лесов Обнинска, сдерживающей до определенных пределов распространение чужеродных видов даже в рекреационно загруженных участках лесов.

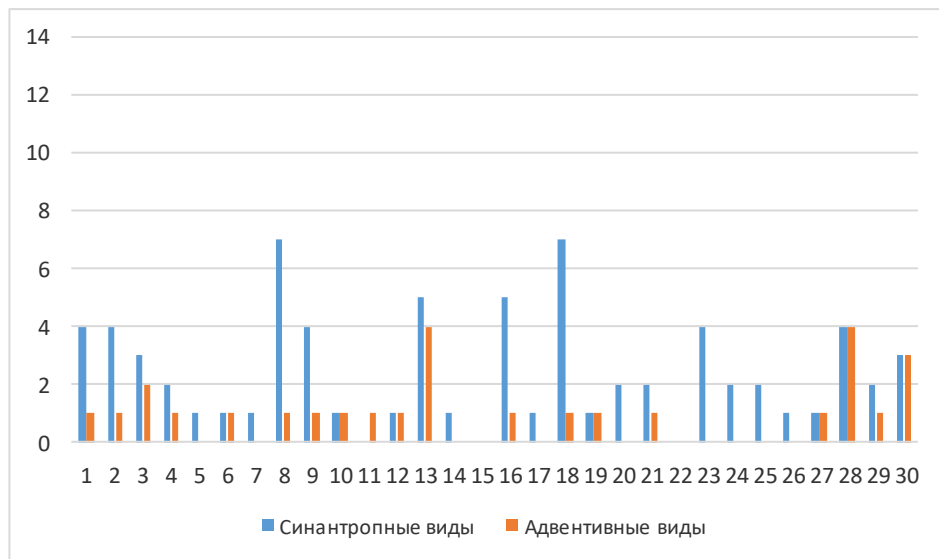


Рис. 7. Количество синантропных видов на площадках в г. Обнинске.

Графическое выражение обилия синантропных видов на площадках Обнинска также показывает меньшую загруженность местных экосистем данными видами, по сравнению с изучаемыми сообществами Калуги (рис. 6 и рис. 8).

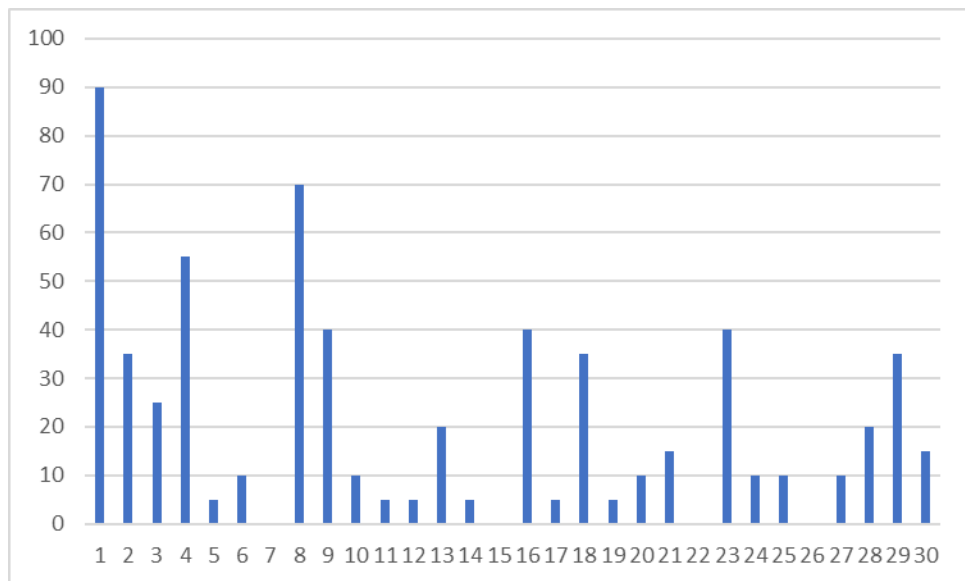


Рис. 8. Обилие синантропных видов на площадках в г. Обнинске, %.

Максимальное обилие синантропных видов отмечено на площадке 1, находящейся на окраине Гурьяновского леса. В целом большинство пиков графика рисунка 8 совпадают с пиками рисунка 7 (площадки 8, 9, 13, 16, 18, 23). На площадках 7 и 26 было отмечено по одному синантропному виду, однако это были единичные экземпляры, не дающие существенного проективного покрытия для учета в данном анализе. В Обнинске корреляционная связь (r_s) между количеством синантропных видов на площадках и их обилием достигает высокой степени и составляет 0,867 (при $p \leq 0,01$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал незначительно большее биологическое разнообразие травянистого яруса парциальных флор исследуемых площадок лесов г. Обнинска по сравнению с Калугой, однако качественный анализ флористического состава травянистого яруса демонстрирует разницу между объектами исследуемых городов, что подтверждается рассчитанным для сравниваемых территорий коэффициентом сходства. Несмотря на схожесть спектров ведущих семейств и родов травянистого яруса, существует статистически подтвержденная разница в их качественном составе. Их структура в лесах Обнинска свидетельствует в пользу высказанного предположения о большем запасе устойчивости, не допускающем большого разнообразия видов луговых, нарушенных и прочих местообитаний в остаточные лесные экосистемы города. Поскольку среди наиболее распространенных видов в лесных экосистемах Обнинска присутствует больше представителей лесной флоры, можно предполагать, что травянистый ярус лесных сообществ Обнинска эффективнее выполняет средообразующие функции для формирования благонадежного подроста, способствуя сохранению устойчивости остаточных лесных экосистем и сопротивлению их рекреационной нагрузке, чем в лесных фитоценозах Калуги. Анализ синантропного компонента показал существующую разницу в составе травянистого яруса объектов исследования – сообщества Обнинска характеризуются как меньшим количеством, так и обилием синантропных видов. Полученные результаты указывают на то, что благодаря продуманной системе сохранения остаточных естественных лесов, как объектов городского озеленения, изученные растительные сообщества в Обнинске оказались менее измененными под воздействием рекреационной нагрузки, по сравнению с изученными сообществами Калуги.

Исходя из этого, помимо исследования древесно-кустарникового яруса, важным элементом оценки устойчивости лесных экосистем может выступать изучение их травянистого яруса.

Список литературы

1. Апухтина Е. М. Пути сохранения биоразнообразия и генофонда видов растений / Е. М. Апухтина, И. А. Бандурко // Новые технологии. – 2015. – № 3. – С. 81–86.
2. Лебедев Ю. В. Сохранение биоразнообразия лесов – ключевой фактор устойчивого развития территории / Ю. В. Лебедев, И. Г. Мазина, Т. А. Лебедева // Современные проблемы исследования

- биоразнообразия растительных и животных сообществ и пути их сохранения : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. Южно-Сахалинск : Сахалин. гос. ун-т, 2015. – С. 72–74.
3. Коваленко И. Н. Эколого-ценотические стратегии и их разнообразие на примере травянисто-кустарничкового яруса лесных экосистем / И. Н. Коваленко // Наука и Мир. – 2015. – Т. 3, № 5. – С. 74–76.
 4. Петрачук А. А. Экологический анализ травяно-кустарничкового яруса подтайги заказника «Успенский» Тюменского района / А. А. Петрачук, Г. Ш. Турсумбекова // Мир Инноваций. – 2017. – № 2. – С. 63–68.
 5. Уфимцев В. И. Структура живого напочвенного покрова в сосняках на участках рекультивации Кузбасса / В. И. Уфимцев, Т. О. Стрельникова, О. А. Куприянов // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2018. – № 44. – С. 36–58.
 6. Беляева Н. В. Структура живого напочвенного покрова после добровольно-выборочных и равномерно-постепенных рубок / Н. В. Беляева, Н. А. Пакконен // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2010. – № 26. – С. 3–10.
 7. Мартынова М. В. Состав и биомасса травянистого яруса в нарушенном рубками древостое липы мелколистной / М. В. Мартынова, Р. Р. Султанова // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 10 (128). – С. 59–63.
 8. Мартынова М. В. Состояние нижних ярусов растительности в липовых лесах и на вырубках / М. В. Мартынова, Р. Р. Султанова // Лесной вестник = Forestry Bulletin. – 2019. – Т. 23, № 2. – С. 55–60.
 9. Казанская М. С. Динамика травянисто-кустарничкового яруса некоторых лесных фитоценозов под влиянием рекреационной деятельности человека. / М. С. Казанская – Рига, 1971. – С. 128–138.
 10. Рысин Л. П. Методика оценки последствий рекреационного лесопользования / Л. П. Рысин // Лесной вестник. – 2000. – № 6. – С. 56–59.
 11. Дядченко О. С. Оценка рекреационных нагрузок на пригородные сосновые насаждения г. Благовещенска / О. С. Дядченко. // Экология города : материалы 1-й региональной научно-практической конференции городских учреждений и предприятий Амурской области, посвященной Году экологии в России : сб. тр. под ред. С. Л. Сандаковой. Благовещенск : Изд-во ДальГАУ, 2017. – С. 29–32.
 12. Масленников А. В. Антропогенная трансформация флоры городских лесов на примере Заволжского леса города Ульяновска / А. В. Масленников, Л. А. Масленникова, О. В. Едифанова – Природа Симбирского Поволжья : сб. науч. тр. XVIII межрегиональной науч.-практ. конф. Ульяновск : Корпорация технологий продвижения, 2016. – С. 42–46.
 13. Евсеева А. А. Оценка устойчивости городских лесных фитоценозов // Экология урбанизированных территорий / А. А. Евсеева // Экология урбанизированных территорий. – 2013. – №3. – С. 125–129.
 14. Дело о признании защитным лесом дачи Бор, принадлежащей Калужскому городскому обществу // Государственный архив Калужской области (ГАКО). Ф-289. Оп. 1. Д. 24.
 15. О плане хозяйства в городском бору, утвержденном в 1901 году // ГАКО. Ф-289. Оп. 1. Д. 709.
 16. Решетникова Н. М. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н. М. Решетникова [и др.]. – М. : Товарищество науч. изданий КМК, 2010. – 549 с.
 17. Особо охраняемые природные территории и памятники природы Калужской области [Электронный ресурс]. URL: <https://map.geoport40.ru/ecology/#36.244175,54.551682/12/291,292,293,295,296,302,297,298,299>. (Дата обращения: 02.03.2020).
 18. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. / Braun-Blanquet J. – Wien-N.Y., 1964. – 865 p.
 19. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. / П. Ф. Маевский – 10-е изд. М. : Т-во науч. изданий КМК, 2006. – 600 с.
 20. Маслова Е. В. Дифференциация двух видов пикульника (*Galeopsis bifida* Voenn. и *G. tetrahit* L.) по морфологическим признакам и ДНК-маркерам / Е. В. Маслова // Генетика. 2008. – Т. 44, № 3. – С. 366–373.
 21. Крылов А. В. Адвентивный компонент флоры Калужской области: натурализация видов / А. В. Крылов, Н. М. Решетникова // Ботанический журнал. – 2009. – Т. 94, № 8. – С. 1126–1148.
 22. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. Пособие для биол. Спец. Вузов–4-е изд., перераб. Доп. / Г. Ф. Лакин – М.: Высш. шк., 1990. –352 с.

23. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. – Л.: ЛГУ, 1980. – 176 с.
24. Закиева Г. Ф. Альгофлора низинных болот степной зоны (на примере Стерлибашевского района Республики Башкортостан) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. / Закиева Г. Ф. – Уфа, 2007. – 15 с.
25. Кузнецова А. А. Эколого-ценотические спектры травянистого яруса сосновых лесов: влияние рекреационной нагрузки / А. А. Кузнецова // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. М. : Рос. ун-т Дружбы народов, 2015. – С. 35–38.
26. Шадрин В. А. Состояние лесных экосистем под влиянием рекреации (на примере города Ижевска) / В. А. Шадрин, А. В. Федчук // Молодежный научный вестник. – 2017. – № 12 (25). – С. 33–39.
27. Белоусько Ю. Л. Антропогенная трансформация флоры лесов рекреационной зоны г. Орла / Белоусько Ю. Л. // Ученые записки Орловского государственного университета. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. – 2012. – № 3. – С. 80–83.

FLORISTIC DIVERSITY OF THE FIELD LAYER OF THE PARTIAL FLORAS OF THE OBSOLESCENT URBAN FOREST ECOSYSTEMS OF KALUGA AND OBNINSK

Evseeva A. A.

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

This article examines the results of the comparative research of the diversity of the field layer of residual urban forests, using the cities of Kaluga and Obninsk as an example, which have different approaches to the conservation of residual forest communities in the city are implemented. Obninsk practices the conservation of residual natural forest communities that have entered the city line as recreation objects, while in Kaluga, such forest communities of a recreational purpose are in a state of interrupted succession and have experienced by forestry activities. There are more weed and meadow species in Kaluga. Among the most common types of grassy layers of the urban forests of Kaluga and Obninsk, forest species of native flora are mainly noted, however, in Kaluga, the most common species is *Impatiens parviflora* DC., a typical representative of ruderal habitats. The quantitative and qualitative composition of the spectra of the most common families and genera, the lower content of synanthropic species in the field layer of the Obninsk forests testify to the assumption of a greater reserve of their stability.

The analysis showed a slightly greater biological diversity of the grassy layer of the partial flora of the studied forest sites in Obninsk compared to Kaluga, however, a qualitative analysis of the composition of the grassy layer demonstrates the difference between the objects of the cities under study. The qualitative composition of the spectra of the most common families and genera of the grassy layer of the Obninsk forests testifies in favor of the suggested assumption of a greater stability margin that does not allow a greater variety of meadow, disturbed, and other habitats to the residual forest ecosystems of the city. Since among the most common species in the forest ecosystems of Obninsk there are more representatives of the forest flora, it can be assumed that the grassy layer of the forest communities of Obninsk more efficiently performs the environment-forming

functions for the formation of reliable undergrowth, contributing to the preservation of the stability of the residual forest ecosystems and the resistance to their recreational load than in the Kaluga forest phytocenoses. The analysis of the synanthropic component showed the existing difference in the composition of the grassy layer of the objects of study – Obninsk communities are characterized by both a smaller number and an abundance of synanthropic species. This indicates that these plant communities in Obninsk turned out to be less altered under the influence of recreational load, in comparison with the studied Kaluga communities. These findings are confirmed by the results of a comparative analysis of the biodiversity of the partial flora of forest ecosystems of these cities and a study of their sustainability levels. In this regard, in addition to studying the tree-shrub layer, an important element in assessing the sustainability of forest ecosystems may be the study of their grassy layer.

Keywords: biological diversity, taxonomic analysis of flora, field layer, urbophytocenoses, forest ecosystems, recreational load, ecosystem stability.

References

1. Apukhtina E. M., Bandurko I. A. Ways to preserve biodiversity and the gene pool of plant species, *New Technologies*, **3**, 81 (2015)
2. Lebedev Yu. V., Mazina I. G., Lebedeva T. A. Conservation of forest biodiversity is a key factor in the sustainable development of the territory, *Modern problems of studying biodiversity of plant and animal communities and ways of their conservation: collection. international materials scientific-practical conf.* (Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin. state Univ. 2015) p. 72.
3. Kovalenko I. N. Ecological-coenotic strategies and their diversity on the example of the field-shrub layer of forest ecosystems, *Science and World*, **3, 5**, 74 (2015).
4. Petrachuk A. A., Tursumbekova G. Sh. Ecological analysis of the grass-shrub layer of the taiga of the “Uspensky” nature reserve of the Tyumen region, *World of Innovations*, **2**, 63 (2017)
5. Ufimtsev V. I., Strelnikova T. O., Kupriyanov O. A. The structure of living ground cover in pine trees in the areas of Kuzbass reclamation, *Bulletin of Tomsk State University. Biology*, **44**, 36. (2018).
6. Belyaeva N. V., Pakkonen N. A. The structure of living ground cover after voluntarily selective and evenly gradual logging, *Actual problems of the forest complex*, **26**, 3 (2010).
7. Martynova M. V., Sultanova R. R. Composition and biomass of the grassy layer in the disturbed cuttings of the small-leaved linden tree, *Agrarian Bulletin of the Urals*, **10 (128)**, 59 (2014).
8. Martynova M. V., Sultanova R. R. State of lower tiers of vegetation in linden forests and clearings, *Forestry Bulletin*, **23, 2**, 55 (2019).
9. Kazanskaya M. S. The dynamics of the field-shrub layer of some forest plant communities under the influence of human recreational activity. p. 128.(Riga, 1971).
10. Rysin L. P. Methodology for assessing the consequences of recreational forest management, *Forest Herald*, **6**, 56 (2000).
11. Dyadchenko O. S. Assessment of recreational loads on the suburban pine plantations of Blagoveshchensk, *Ecology of the city: materials of the 1st regional scientific-practical conference of city institutions and enterprises of the Amur region dedicated to the Year of Ecology in Russia: Collection of articles* ed. By S. L. Sandakova. (Blagoveshchensk, Publishing house DalGAU, 2017). p. 29.
12. Maslennikov A. V., Maslennikova L. A., Edifanova O. V. Anthropogenic transformation of urban forest flora using the example of the Zavolzhsy forest in Ulyanovsk, *Nature of the Simbirsk Volga: Col. of scientific articles of XVIII interregional scientific and practical. conf.* (Ulyanovsk: Corporation of Promotion Technologies. 2016). p. 42.
13. Evseeva A. A. Sustainability assessment of urban forest phytocenoses *Ecology of urbanized territories*, **3**, 125 (2013).
14. Funds of the State Archives of the Kaluga Region F-289. op. 1. unit. hr. 24. The case of the recognition of the deforested forest of Bor, owned by the Kaluga City Society.

15. Funds of the State Archives of the Kaluga Region F-289, op. 1, hr. 709, 1905. About the plan of an economy in a city boron, approved in 1901.
16. Specially protected natural territories and natural monuments of the Kaluga region [Electronic resource]. e-print arXiv: <https://map.geoportal40.ru/ecology/#36.244175,54.551682/12/291,292,293,295,296,302,297,298,299>. (2020).
17. Reshetnikova N. M. *Kaluga flora: annotated list of vascular plants of the Kaluga region*, 549 p. (Partnership of scientists. KMC publications, Moscow, 2010).
18. Braun-Blanquet J. *Pflanzensociologie*. 865 p. (Wien-N.Y., 1964)
19. Mayevsky P. F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia*. 10th ed. 600 p. (Partnership of scientists. KMC publications, Moscow, 2006).
20. Maslova E. V. Differentiation of two species of pikulnik (*Galeopsis bifida* Boenn. And *G. tetrahit* L.) by morphological characters and DNA markers, *Genetics*. **44**, **3**, 366 (2008).
21. Krylov A. V., Reshetnikova N. M. Adventive component of the flora of the Kaluga region: naturalization of species. *Botanical Journal*, **94**, **8**, 1126 (2009).
22. Lakin G. F. *Biometrics: Textbook. Benefit for biol. Specialist. Universities*, 352 p. (Higher. school, Moscow, 1990).
23. Schmidt V. M. *Statistical methods in comparative floristics*, 176 p. (Leningrad State University, Leningrad, 1980).
24. Zakieva G. F. *Algoflora of lowland bogs of the steppe zone (on the example of the Sterlibashevsky district of the Republic of Bashkortostan): author. dis. ... cand. biol. sciences*. 15 p. (Ufa, 2007).
25. Kuznetsova A. A. Ecological and coenotic spectra of the field layer of pine forests: the impact of recreational load, *Actual problems of ecology and nature management: collection of books. scientific articles Int. scientific-practical conf. : in 2 hours* (Ros. University of Friendship of Peoples, Moscow, 2015) p. 35.
26. Shadrin V. A., Fedchuk A. V. The state of forest ecosystems under the influence of recreation (on the example of the city of Izhevsk). *Youth Scientific Herald*, **12** (**25**), 33 (2017).
27. Belousko Yu. L. Anthropogenic transformation of the forest flora of the recreational zone of the city of Orel, *Scientific notes of Oryol State University. Ser. Natural, technical and medical sciences.*, **3**, 80 (2012)

УДК 597.5.591.11

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-64-74

ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА И СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ПЕЧЕНИ МОРСКОГО ЕРША *SCORPAENA PORCUS* L. (SCORPAENIDAE) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Залевская И. Н.¹, Руднева И. И.², Селюков А. Г.³, Щерба А. В.²

¹Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

²ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

³Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

E-mail: inz3@mail.ru

Сравнительный анализ размерно-массовых характеристик, показателей перекисного окисления липидов (ПОЛ) и содержания антиоксидантов в печени морского ерша, отловленного у кавказского побережья в районе пос. Шепси, показал наличие половых различий. Размерно-массовые параметры самок превышали значения самцов ($p < 0,05$), тогда как упитанность и высота рыб обоих полов не различалась. Индекс печени (ИП) и гонадосоматический индекс (ГСИ) были выше у самок по сравнению с самцами. Содержание диеновых конъюгатов и ТБК-реактивных продуктов преобладало в липидах печени самок. Концентрация витамина А и каротиноидов в печени самок была достоверно выше показателей самцов. Половые различия размерно-массовых характеристик, морфофизиологических индексов, содержания продуктов ПОЛ и антиоксидантов у разнополой рыб могут отражать специфичность метаболических процессов в печени самцов и самок морского ерша, обусловленные гормональными особенностями, что необходимо учитывать при проведении мониторинговых исследований, ответных реакций рыб на действие токсикантов и при оценке экологического состояния морских акваторий.

Ключевые слова: Черное море, кавказское побережье, морской ерш *Scorpaena porcus*, размерно-массовые характеристики, морфофизиологические индексы, печень, перекисное окисление липидов, антиоксиданты.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбы являются признанными индикаторами состояния водной среды. Их различные характеристики, относящиеся к разным уровням организации (молекулярные, клеточные, морфологические, тканевые, организменные) широко используются для мониторинговых и диагностических целей [1–5]. В то же время оценка состояния рыб природных популяций является непростой задачей, так как нет каких-либо критериев и референсных значений биохимических показателей, определяющих их здоровье.

В связи с этим представляет интерес изучение таких биохимических параметров, которые могут служить определенными маркерами статуса организма.

Накопление этих данных для рыб, обитающих в разных географических районах одного бассейна, позволит установить определенные пределы значений, характеризующих состояние организма в зависимости от условий среды обитания, а их изменение оценить влияние тех или иных факторов на гомеостаз. Это особенно важно в настоящее время в связи с глобальными изменениями природной среды, обусловленными как климатическими флуктуациями, так и антропогенной деятельностью [6]. В этих условиях организм испытывает стресс, важнейшими составляющими которого является усиление свободнорадикальных процессов (СРО) и накопление в клетках и тканях продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), обладающих повреждающим действием, [7]. В связи с этим показатели перекисного окисления липидов широко применяются в качестве биомаркеров, для оценки жизнедеятельности организма в нормальных и неблагоприятных жизненных условиях [7, 8]. В наших предыдущих работах на черноморском ерше как биомониторном виде были показаны особенности содержания продуктов ПОЛ в тканях рыб разного возраста, пола, а также изменения этих показателей у особей, отловленных в бухтах Севастополя с разным уровнем антропогенного воздействия [2]. В то же время информативными характеристиками, определяющими способность организма противостоять развитию окислительного стресса, является содержание в тканях антиоксидантов, к которым относятся низкомолекулярные жирорастворимые витамины Е, А и каротиноиды.

В настоящее время в связи с усилением исследований механизмов стресса у разных таксономических групп морских организмов и факторов, их вызывающих, особое внимание уделяется поиску биоиндикаторов, характеризующих нарушение гомеостаза и реакции организма на разных уровнях биологической организации [9]. При этом авторы рассматривают данные механизмы и процессы на видовом уровне, без учета половых и возрастных особенностей. Исследования последних лет показали, что половой диморфизм проявляется не только фенотипически, но и в способности противостоять стрессовым факторам разной природы. Стрессовые реакции у самцов и самок могут различаться, что зависит от разного гормонального статуса. Если тестостерон действует как иммуносупрессор, то эстрогены, наоборот, стимулируют иммунную систему [10]. В связи с этим изучение факторов, характеризующих стресс, включая окислительный, у рыб разного пола из природных популяций имеет важное значение, так как позволяет выявить эволюционные процессы, лежащие в основе формирования защитных реакций низших позвоночных на изменение условий существования, в том числе связанных с глобальными климатическими флуктуациями и антропогенной деятельностью.

Рыбы, в частности, морской ерш, из прибрежных вод кавказского побережья исследованы в меньшей степени по сравнению с ихтиофауной крымского побережья. В то же время географическая разобщенность также может оказывать существенное влияние на показатели гомеостаза рыб, включая параметры ПОЛ и содержание антиоксидантов. Актуальность проблемы заключалась в оценке ключевых биомаркеров окислительного стресса у рыб в прибрежных морских районах Кавказа вблизи крупного нефтяного терминала и грузового порта Туапсе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рыб отлавливали в прибрежных водах Черного моря в районе курортного поселка Шепси Туапсинского района, расположенного в 9 км юго-восточнее Туапсе в устье реки Шепси.

Проводили полный биологический анализ рыб (10 самцов и 7 самок, стадия зрелости гонад II, возраст 3–4 года), измеряли общую (TL, см) и стандартную (SL, см) длину, массу тела и массу тела без внутренностей, а также определяли индекс печени (ИП) как отношение массы печени к массе рыбы без внутренностей (в %). Гонадосоматический индекс (ГСИ) вычисляли как отношение массы гонад к массе рыбы без внутренностей (в %). Упитанность рыб вычисляли по Фультону как отношение массы рыб к длине в кубе, а также по Кларк как отношение массы рыбы без внутренних органов к длине в кубе [11, 12].

Печень рыб извлекали, взвешивали, перфузировали холодным физиологическим раствором на холоду и заливали 96 %-ным спиртом. Образцы хранили в холодильнике перед определением параметров перекисного окисления липидов. Затем ткань гомогенизировали в растворе гексан: изопропанол в соотношении 2:1, перемешивали и определяли содержание продуктов ПОЛ в пределах длин волн 215–273 нм, рассчитывали индекс окисленности липидов как отношение показателей экстинкции при 232 нм к 215 нм, содержание диеновых конъюгатов, используя молярный коэффициент экстинкции для сопряженных диенов, равный $2.2 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ [13], результаты выражали в мкмоль mg^{-1} липидов и в мкмоль g^{-1} ткани. Относительное содержание кетодиенов определяли по отношению показателей экстинкции при 270 нм к 215 нм. При определении реактивных продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБК-реактивных продуктов) 0.1 мл липидного экстракта в гексане смешивали с 0,5 мл 0,8 %-ного раствора 2-тиобарбитуровой кислоты и 5 %-ным раствором трихлоруксусной кислоты, кипятили 10 минут. Показатели экстинкции анализировали при длине волны 532 нм, расчет вели с использованием молярного коэффициента экстинкции, который для триметинового комплекса, образуемого малоновым диальдегидом с 2-ТБК, равен $1,56 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Результаты выражали в нмоль mg^{-1} липидов и нмоль mg^{-1} ткани [14].

Содержание каротиноидов определяли в липидных экстрактах ткани печени рыб спектрофотометрически при длине волны 450 нм, витамина А – при длине волны 325 нм [15].

Статистический анализ результатов проводили общепринятыми методами, вычисляли среднее значение, ошибку средней, сравнение результатов осуществляли по критерию Стьюдента при $p < 0.05$ [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований позволили установить определенные различия размерно-массовых характеристик самцов и самок морского ерша (табл.). Из приведенных данных можно видеть, что общая и стандартная длина, а также общая масса тела и масса тела без внутренностей самок существенно превышали

соответствующие показатели самцов ($p < 0,05$), тогда как высота рыб обоих полов не различались.

Таблица
Размерно-массовые характеристики и морфо-физиологические индексы морского ерша, отловленного в прибрежных водах Кавказа

Параметр	Самцы (n=10)	Самки (n=7)
Общая длина TL, см	$\frac{11,4 - 21,3}{15,62 \pm 0,58}$	$\frac{16,6 - 20,2}{18,36 \pm 0,21}$
Стандартная длина SL, см	$\frac{9,3 - 16,9}{12,41 \pm 0,48}$	$\frac{13,2 - 16,1}{14,61 \pm 0,17}$
Общая масса М г	$\frac{16,9 - 117,46}{51,16 \pm 5,63}$	$\frac{53 - 108,2}{79,29 \pm 2,91}$
Масса рыбы без внутренностей, г	$\frac{22,3 - 100,4}{45,56 \pm 5,63}$	$\frac{40,45 - 85,6}{60,90 \pm 2,35}$
Высота рыбы, см	$\frac{3,3 - 10,46}{5,49 \pm 0,44}$	$\frac{4,61 - 9,83}{6,72 \pm 0,29}$
Масса печени, г	$\frac{0,4 - 4,38}{1,46 \pm 0,25}$	$\frac{1,2 - 5,0}{2,6 \pm 0,21}$
Масса гонад, г	$\frac{0,13 - 0,84}{0,34 \pm 0,04}$	$\frac{0,22 - 4,84}{1,83 \pm 0,29}$
Упитанность рыбы по Фультону	$\frac{1,95 - 3,38}{2,48 \pm 0,09}$	$\frac{2,30 - 2,81}{2,5 \pm 0,03}$
Упитанность рыбы по Кларк	$\frac{1,83 - 3,43}{2,27 \pm 0,10}$	$\frac{1,73 - 2,05}{1,91 \pm 0,02}$
Индекс печени ИП	$\frac{1,73 - 4,45}{2,77 \pm 0,17}$	$\frac{1,69 - 5,93}{4,18 \pm 0,24}$
Гонадосоматический индекс ГСИ	$\frac{0,30 - 1,42}{0,79 \pm 0,07}$	$\frac{0,41 - 7,50}{2,80 \pm 0,40}$

На основании полученных данных можно заключить, что упитанность самок и самцов не имела существенных различий, однако индекс печени был почти в 1,5 раза выше у самок по сравнению с самцами. Масса гонад самок также превышала

этот показатель у самцов более, чем в 5 раз, ГСИ и коэффициент зрелости женских особей более, чем в 3 раза преобладал над данными параметрами мужских особей.

Показатели ПОЛ в печени самок и самцов рыб также различались (рис. 1). Индекс окисленности липидов и относительное содержание кетодиенов были достоверно выше в печени самцов по сравнению с соответствующими параметрами самок, тогда как концентрация диеновых конъюгатов в липидах преобладала в печени самок. Однако, в пересчете на г ткани наблюдалась противоположная зависимость. Содержание ТБК-реактивных продуктов в липидах печени самок почти в 4 раза превышало соответствующие значения самцов, но при пересчете на массу ткани достоверных различий не обнаружено.

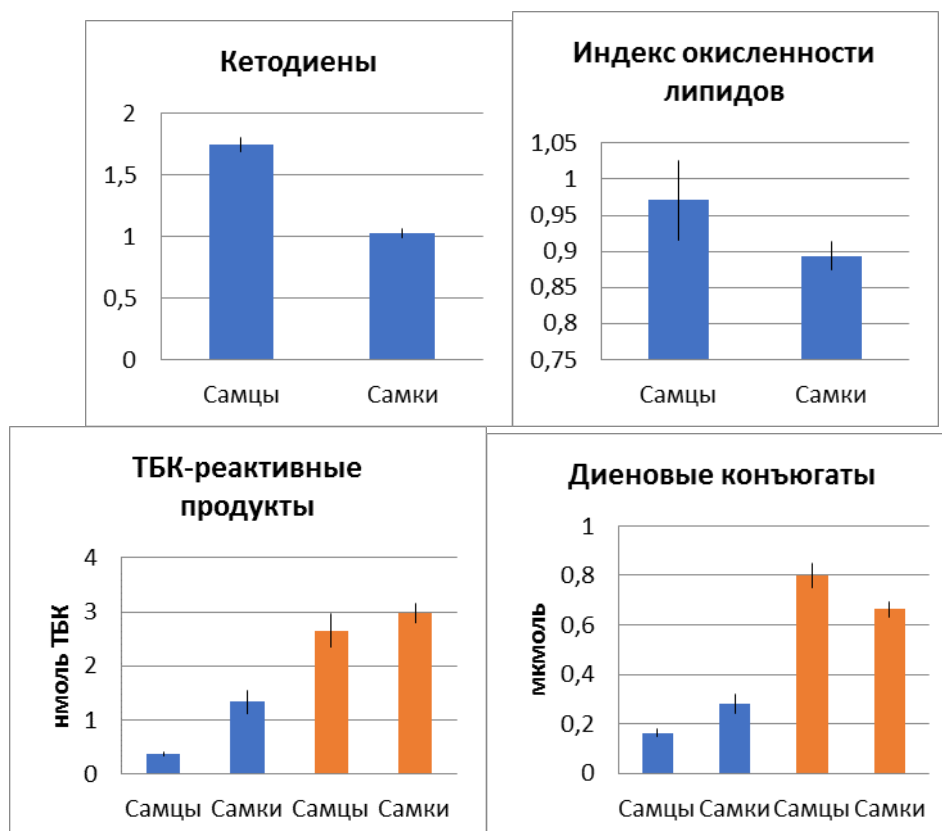


Рис. 1. Содержание продуктов ПОЛ в печени морского ерша из прибрежных вод Кавказа у пос. Шепси. (■ – на мг липидов ■ – на г ткани)

Содержание витамина А и каротиноидов было существенно выше в липидах печени самок по сравнению с этими показателями у самцов (рис. 2), однако в пересчете на г ткани такие различия не были выявлены.

Таким образом, результаты исследований позволили обнаружить определенные половые различия размерно-массовых параметров, морфофизиологических

индексов, содержания продуктов ПОЛ и антиоксидантов в печени морского ерша в Черном море у кавказского побережья.

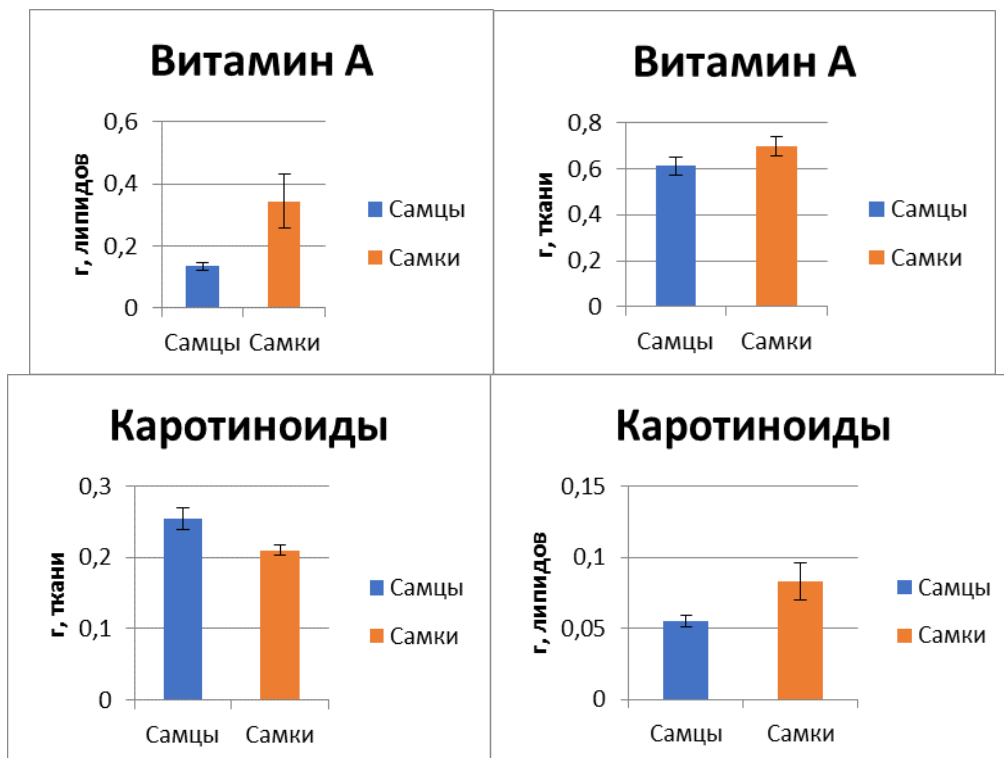


Рис. 2. Содержание антиоксидантов в печени морского ерша из прибрежных вод Кавказа у пос. Шепси.

Размерно-массовые показатели рыб являются важными характеристиками их состояния, поскольку могут быть подвержены влиянию различных внешних факторов, включая биотические, абиотические и антропогенные. Несмотря на то, что самки и самцы рыб живут в одном биотопе, влияние среды обитания может по-разному сказываться на разнополых особях, что отражается на их размерно-массовых характеристиках, морфофизиологических индексах, поведении, использовании пищевых ресурсов и метаболических тратах [17]. Нами показано, что размеры и масса самок морского ерша из прибрежных вод Кавказа, значительно превышает соответствующие показатели самцов. Аналогичная закономерность была установлена для разнополых рыб, выловленных в бухтах Севастополя [2]. Индекс упитанности и ИП зависят от физиологического состояния рыб, активности, периода репродуктивного цикла, а также от степени комфортности среды обитания и тем самым являются индикаторами, которые широко используются в мониторинговых и диагностических целях [18]. Если упитанность самок и самцов морского ерша существенно не различалась, то масса печени и ИП были в 1,8 раза и

1,5 раза выше у самок по сравнению с самцами. Печень является многофункциональным органом, где происходят процессы синтеза и детоксикации ксенобиотиков, энергетическим источником для обеспечения многих физиологических процессов в организме, включая репродукцию. В печени синтезируются вителлогенин и компоненты, необходимые для образования трофических ресурсов будущего зародыша. Очевидно, что увеличение ИП у самок связано с интенсивным синтезом как пластических, так и энергетических компонентов, необходимых для формирования ооцитов. Учитывая тот факт, что масса гонад самок и ГСИ существенно выше соответствующих значений у самцов (в 5,4 и 3,5 раз соответственно) можно предположить, что и метаболическая активность печени женских особей требует больших затрат и увеличения количества клеток печени – гепатоцитов.

Повышение метаболической активности сопровождается усилением процессов СРО [19]. Это подтверждается нашими данными о содержании компонентов ПОЛ в печени самок и самцов черноморской скорпены, когда уровень промежуточных продуктов ПОЛ – ТБК-реактивных соединений в липидах печени самок в 4 раза превосходит этот показатель в липидах печени самцов, а уровень диеновых конъюгатов – почти двукратно. Поскольку липиды печени активно включаются в синтез специфического белка икры – вителлогенина, увеличение концентрации эстрогенов [20] может сдвигать прооксидантно-антиоксидантный баланс в печени [21]. В то же время в пересчете на г ткани таких различий не отмечено, и это свидетельствует о том, что ТБК-реактивные продукты являются неспецифическими соединениями, которые могут образовываться при метаболизме других веществ, в частности, углеводов. Различия, обнаруженные в содержании других соединений ПОЛ, могут свидетельствовать о специфических процессах, происходящих в печени самок и самцов рыб, связанных, прежде всего, с различием их гормонального статуса и синтезом соответствующих половых продуктов (яйцеклеток и сперматозоидов, а также половых гормонов). При расчете соотношений продуктов ПОЛ, где за 1 принят индекс окисленности липидов в печени самцов и самок рыб, также установлены различия: у мужских особей это соотношение составило 1:0,16:1,8:0,4, тогда как у женских – 1:0,32:1,1:1,5. Увеличение относительной доли диеновых конъюгатов и ТБК-реактивных продуктов в печени самцов по сравнению с их количеством в печени самок может быть подтверждением специфичности процессов ПОЛ и активности антиоксидантной системы у рыб разного пола, что было отмечено нами для ряда черноморских видов [22] и другими исследователями [23].

В то же время преобладание содержания антиоксидантов витамина А и каротиноидов в печени самок по сравнению с самцами также указывает на специфичность прооксидантных и антиоксидантных процессов в печени разнополюх особей. Антиоксиданты участвуют в формировании ооцитов, которые содержат большое количество этих компонентов, являющихся важными составляющими в оогенезе и необходимых для последующего развития зародышей и их защиты от действия неблагоприятных факторов, включая окислительный стресс [24]. Помимо этого, было показано, что самцы рыб, имеющие низкую

концентрацию каротиноидов в печени, в большей степени подвержены стрессу, чем самки [25].

Таким образом, обнаруженные половые различия размерно-массовых и морфофизиологических характеристик, показателей ПОЛ и содержания антиоксидантов в печени рыб могут отражать особенности метаболических процессов в печени самцов и самок морского ерша, что необходимо учитывать при проведении мониторинговых исследований и оценке экологического состояния морских акваторий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что размерно-массовые параметры самок морского ерша превышали значения самцов ($p < 0,05$), тогда как упитанность и высота рыб обоих полов не различалась. Индекс печени (ИП) и гонадосоматический индекс (ГСИ) были выше у самок по сравнению с самцами.
2. Содержание компонентов ПОЛ – диеновых конъюгатов и ТБК-реактивных продуктов, концентрация витамина А и каротиноидов в печени самок была достоверно выше показателей самцов.
3. Установленные половые различия у разнополых рыб могут отражать специфичность метаболических процессов в печени самцов и самок морского ерша, обусловленные гормональными особенностями, что необходимо учитывать при проведении мониторинговых исследований, ответных реакций рыб на действие токсикантов и при оценке экологического состояния морских акваторий.

Работа выполнена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом», номер гос. Регистрации АААА-А18-118021490093-4.

Список литературы

1. Селюков А. Г. Морфофункциональное состояние сиговых рыб (Coregonidae) в устье Оби как интегральная оценка условий их обитания / А. Г. Селюков, Т. И. Моисеенко, Л. А. Шуман, И. С. Некрасов // Вестник Тюменского государственного университета. Экология. – 2012. – № 12. – С. 135–147.
2. Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. / ред Руднева И. И. – М.: ГЕОС, 2016. – 360 с.
3. Louiz I. Liver histopathology and biochemical biomarkers in *Gobius niger* and *Zosterisessor ophiocephalus* from polluted and non-polluted Tunisian lagoons (Southern Mediterranean Sea) / I. Louiz, O. Palluelc, M. Ben-Attiaa, S. Ait-Aïssac, O. Ben Hassineb // Marine Pollution Bulletin. – 2018. – Vol. 128. – P. 248–258.
4. Selyukov A. G. Morphofunctional transformations in fishes of the Middle and Lower Ob' basin under increasing anthropogenic influence / A. G. Selyukov // Journal of Ichthyology. – 2012. – Vol. 52, № 8. – P. 547–565.
5. Selyukov A. G. Morphofunctional features of Coregonids (Coregonidae) in the mouth of the Ob river as integral estimation of their habitat conditions / A. G. Selyukov, T. I. Moiseenko, L. A. Schuman, I. S. Necrasov // Tyumen State University Herald. – 2012. – № 12. – P. 123–138.

6. Martinez-Crego B. Biotic indices for assessing the status of coastal waters: a review of strengths and weaknesses. / B. Martinez-Crego, T. Alcoverro, J. Romero // J. Environ. Monit. – 2010. – Vol. 12. – P. 1013–1028.
7. Vinagre C. Effect of increasing temperature in the different activity of oxidative stress biomarkers in various tissues of the rock goby, *Gobius paganellus* / C. Vinagre., D. Madeira, V. Mendonca., M. Dias, J. Roma, M. Diniz // Marine Environ. Res. – 2014 – Vol. 97. – P. 10–14.
8. Van Der Oost R. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review / R. Van Der Oost, J. Beyer, N. P. E. Vermeulen // Environ. Toxicol. Pharmacol. – 2003. – Vol. 3. – P. 57–149.
9. Balasch J. C. Netting the stress responses in fish / J. C. Balasch, L. Tort // Frontiers in Endocrinology. – 2019. – Vol. 10. – Article 62.
10. Foo Y. Z. The effects of sex hormones on immune functions: a meta-analysis / Y. Z. Foo, S. Nakagawa, G. Rhodes., L. W. Simmons // Biol. Rev. Camb. Philos. Soc. – 2017. – V. 180. – P. 15–24.
11. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. / И. Ф. Правдин – М.: Пищ. Промышленность, 1966. – 376 с.
12. Ricker W. E. .Computation and interpretation of biological statistics of fish populations / W. E. Ricker // Bull. Fish. Res. Board Can. – 1975. – Vol. 191. – P. 1–382.
13. Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот/ И. Д. Стальная // Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 62–64.
14. Стальная И. Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И. Д. Стальная, Т. Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 66–68.
15. Карнаухов В. Н. Методы определения содержания каротиноидов и витамина А в тканях животных. / В. Н. Карнаухов, Г. Г. Федоров. // Методические рекомендации. – Пушкино, 1982. – С.15–18.
16. Лакин Г. Ф. Биометрия. / Г. Ф. Лакин – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
17. Ito M. H. Sex differences in intrasexual aggression among sex-role-reversed, cooperatively breeding cichlid fish *Julidochromis reani* / M. H. Ito, M. Yamaguchi, N. Kutsukake // J. Ethol. – 2017. – Vol. 35. – P. 137–144.
18. Traven L. The responses of the hepatosomatic index (HSI), 7-ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity and glutathione-S-transferase (GST) activity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758). caged at a polluted site: implications for their use in environmental risk assessment / L. Traven, V. Míćović, D. Vukić, T. Smital // Environ. Monit. Assess. – 2013. – Vol. 185, № 11. – P. 9009–9018.
19. Hernandez-Aguilar S. B. Temporal variation in oxidative stress indicators in liver of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) Perciformes: Sciaenidae / S. B. Hernandez-Aguilar, T. Zenteno-Savin, J. A. De-Ando-Montanez, L. C. Mendez-Rodriguez // J. Marine Bio. Ass. United Kingdom. –2018. –Vol. 98, № 4. – P. 833–844.
20. Lowerre-Barbier S. K. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods / S. K. Lowerre- Barbier, K. Ganas, F. Saborido-Rey, H. Murua, J. R. Hunter // Marine and Coastal Fisheries. – 2011. – Vol. 3. – P. 71–91.
21. Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. / D. R. Tocher // Reviews in Fish Science. – 2003. – Vol. 11. – P. 107–184.
22. Rudneva I. I. Gender peculiarities of blood antioxidant enzyme activity of some Black Sea coastal fish species / I. I Rudneva, E. N. Skuratovskaya // J. Ichthyol. – 2009. – Vol. 49, № 1. – P. 119–122.
23. Vega-López A. Gender related differences in the oxidative stress response to PCB exposure in an endangered gobeid fish (*Girardinichthys viviparus*) / A. Vega-López, M. Galar-Martínez, F. A. Jimenez-Orozco, E. Garcia-Latorre, M. L. Dominguez- López // Comparative Biochemistry and Physiology Part A. – 2007. – Vol. 146. – P. 672–678.
24. Rudneva I. I. Biomarkers for stress in fish embryos and larvae. / I. I. Rudneva. – CRC Press: Taylor & Francis Group, 2014. – 206 p.
25. Pike T. Carotenoids, oxidative stress and female mating preference for longer lived males / T. Pike, J. Blount, B. Bjerkeng, J. Lindström, N. Metcalfe // Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Science. – 2007. – Vol. 274. – P. 1591–1596.

GENDER PECULIARITIES OF THE OXIDATIVE STRESS PARAMETERS AND ANTIOXIDANTS CONTENT IN THE LIVER OF SCORPION FISH *SCORPAENA PORCUS* L. (SCORPAENIDAE), FROM THE COASTAL WATERS OF THE BOLSHOI CAUCASUS

Zalevskaya I. N.¹, Rudneva I. I.², Selyukov A. G.³, Scherba A. V.²

¹*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia Federation*

²*A. O. Kovalevskiy Institute of the Biology of the southern Seas RAS, Sevastopol, Russian Federation*

³*Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation*

E-mail: inz3@mail.ru

Comparative study of size and weight characteristics, lipid peroxidation (LPO) parameters and antioxidants content in the liver of marine scorpion fish *Scorpaena porcus* caught in the coastal waters of the Caucasus at the region of Shepsy village demonstrated gender differences. Size and weight parameters of the female were greater than the values of male ($p < 0,05$), while condition index and the height of fish were the similar. Liver index (LSI) and gonadosomatic index (GSI) were higher in female as compared with male. Concentration of dien conjugates and TBA-reactive components were greater in hepatic lipids of female. Concentration of vitamin A and carotenoids was higher in the liver of female than in male. The differences of LPO parameters and antioxidants content were more clearly in the hepatic lipids than in tissues. Gender differences of size, weight, morphological and physiological indices, lipid peroxidation parameters and antioxidants content in fish reflect the specificity of metabolic processes in the liver of scorpion fish male and female, caused the hormonal peculiarities. High LSI and liver weight of female as compared with male are connected with high metabolic rate of the organ caused egg components (vitellogenin) and energetic substances synthesis, used in reproduction. Increase of metabolic rate is accompanied with the elevate of reactive oxygen species production and lipid peroxidation. Therefore, TBA-reactive products concentration in the liver was in 4-fold greater in female as compared with male. Additionally, the ratio of studied LPO components was also differed in female and male liver (1:0,32:1,1:1,5 in female and 1:0,16:1,8:0,4), which revealed the differences between metabolic processes in male and female liver. This is important to take into account at the case of monitoring studies for the fish responses on the environmental stress and at the evaluation of the ecological status of marine waters.

Keywords: Black Sea, Caucasus coastal waters, scorpion fish *Scorpaena porcus*, size and weight characteristics, morphological and physiological indices, liver, lipid peroxidation, antioxidants.

References

1. Selyukov A. G., Moiseenko T. I., Shuman L. A., Nekrasov I. S. Morfofunctional state of Coregonidae fish in the Ob river as integral parameter of their habitats. *Tyumen State University Herald*. **12**, 123 (2012).
2. Ecotoxicological; studies the Black Sea coastal ichthyofauna at Sevastopol region (Rudneva I.I. ed) 360 p. (Moscow, GEOS, 2016) (*in Russ*)

3. Louiz I., Palluelc O., Ben-Attiaa M., Aït-Aïssac S., Ben Hassineb O. Liver histopathology and biochemical biomarkers in *Gobius niger* and *Zosterisessor ophiocephalus* from polluted and non-polluted Tunisian lagoons (Southern Mediterranean Sea), *Marine Pollution Bulletin*, **128**, 248 (2018).
4. Selyukov A. G. Morphofunctional transformations in fishes of the Middle and Lower Ob' basin under increasing anthropogenic influence. *J. Ichthyology*, **52** (8), 547 (2012) (in Russ)
5. Selyukov A. G., Moiseenko T. I., Schuman L. A., Necrasov I. S. Morphofunctional features of *Coregonids* (Coregonidae) in the mouth of the Ob river as integral estimation of their habitat conditions. *Tyumen State University Herald*. **12**, 123 (2012).
6. Martinez-Crego B., Alcoverro T., Romero J. Biotic indices for assessing the status of coastal waters: a review of strengths and weaknesses, *J. Environ. Monit.* **12**, 1013 (2010).
7. Vinagre C., Madeira D., Mendonca V., Dias M., Roma J., Diniz M. Effect of increasing temperature in the different activity of oxidative stress biomarkers in various tissues of the rock goby, *Gobius paganellus* *Marine Environ. Res.* **97**, 10 (2014).
8. Van Der Oost R., Beyer J., Vermeulen N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **3**, 57 (2003).
9. Balasch J. C., Tort. Netting the stress responses in fish, *Frontiers in Endocrinology*, **10**, Article 62 (2019)
10. Foo Y. Z., Nakagawa S., Rhodes G., Simmons L. W. The effects of sex hormones on immune functions: a meta-analysis, *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, **180**, 15 (2017).
11. Pravdin I. F. *Manual Book for fish study*, 376 p. (Moscow, Pishevaya promyshlennost, 1966) (in Russ)
12. Ricker W. E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations, *Bull. Fish. Res. Board Can.* **191**, 1 (1975)
13. Stalnaya I. D. Method of the determination of dien conjugation of unsaturated fatty acids, *Current methods in biochemistry*, 62 (Moscow, Medicina, 1977) (in Russ)
14. Stalnaya I. D., Garishvili T. G. Method of th determination of malonic aldehyde used tiobarbituric acid *Current methods in biochemistry*, 66 (Moscow, Medicina, 1977) (in Russ)
15. Karnauhov V. N., Fedorov G. G. *Methods of the determination of carotenoids content and vitamin A in the animals tissues*. Methodological recommendations, 15 (Pushino, 1982) (in Russ)
16. Lakin G. F. *Biometry*, 352 p. (Moscow, Vysshaya shkola, 1990) (in Russ)
17. Ito M. H., Yamaguchi M., Kutsukake N. Sex differences in intrasexual aggression among sex-role-reversed, cooperatively breeding cichlid fish *Julidochromis reani*, *J. Ethol.*, **35**, 137 (2017).
18. Traven L., Mićović V., Vukić Lušić D., Smital T. The responses of the hepatosomatic index (HSI), 7-ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity and glutathione-S-transferase (GST) activity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758). caged at a polluted site: implications for their use in environmental risk assessment, *Environ. Monit. Assess.*, **185** (11), 9009 (2013).
19. Hernandez-Aguilar S. B., Zenteno-Savin T., De-Ando-Montanez J. A., Mendez-Rodriguez L. C. Temporal variation in oxidative stress indicators in liver of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) Perciformes: Sciaenidae, *Marine /Bio. Ass. United Kingdom*, **98** (4), 833(2018).
20. Lowerre-Barbier S. K. Ganius K., Saborido-Rey F., Murua H., Hunter J. R. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods, *Marine and Coastal Fisheries*, **3**, 71 (2011).
21. Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish, *Reviews in Fish Science*. **11**, 107 (2003).
22. Rudneva I. I., Skuratovskaya E. N. Gender peculiarities of blood antioxidant enzyme activity of some Black Sea coastal fish species, *J. Ichthyology*, **49** (1), 119 (2009)
23. Vega-López A., Galar-Martínez M., Jimenez-Orozco F. A., Garcia-Latorre E., Dominguez- López M. L. Gender related differences in the oxidative stress response to PCB exposure in an endangered gobeid fish (*Girardinichthys viviparus*), *Comp. Biochem. Physiol. Part A.*, **146**, 672 (2007).
24. Rudneva I. I. Biomarkers for stress in fish embryos and larvae, 206 p. (CRC Press: Taylor & Francis Group, 2014).
25. Pike T., Blount B., Bjerkgeng J., Lindström J., Metcalfe N. Carotenoids, oxidative stress and female mating preference for longer lived males. Proceedings of the Royal Society of London B: *Biological Science*, **274**, 1591 (2007).

УДК 582.475.4.630*182:581.321.2

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-75-84

СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS PALLASIANA* D. DON НИЖНЕГО ПОЯСА ЮЖНОГО МАКРОСКЛОНА ГЛАВНОЙ ГРЯДЫ КРЫМСКИХ ГОР

Коба В. П., Хромов А. Ф., Сахно Т. М.

ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», Ялта, Российская Федерация
E-mail: sahno_tanya@mail.ru

Проведено изучение структуры и состава, жизненного состояния, семенной продуктивности природных популяций *P. pallasiana* D. Don. Установлено, что деревья *P. pallasiana* в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор имеют невысокие таксационные показатели. Соотношение возраста, высоты и диаметра деревьев свидетельствуют о достаточно жестких условиях произрастания *P. pallasiana* в экотопах прибрежной зоны. На основе анализа особенностей семенного возобновления в связи с действием климатических факторов выявлено, что наиболее значительное влияние на уровень выживания и динамику численности популяций *P. pallasiana* оказывает температурный режим первой половины вегетационного периода. Показано, что на фоне всевозрастающей хозяйственной и рекреационной деятельности негативные тенденции изменения климата, связанные с глобальным потеплением, все в большей степени будут ограничивать возможности успешного роста и развития, семенного возобновления природных популяций *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

Ключевые слова: популяции, динамика, состояние, условия произрастания, климатические факторы.

ВВЕДЕНИЕ

Основной массив лесов *P. pallasiana* D. Don Горного Крыма расположен на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор в пределах высот 400–1200 м над уровнем моря, простираясь от поселка Запрудное до поселка Симеиз. Однако в некоторых местах небольшие участки естественных насаждений *P. pallasiana* встречаются в непосредственной близости от береговой кромки, что свидетельствует о более широком в прошлом распространении данного вида в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор [1–3].

Неравномерность высотного распределения лесов *P. pallasiana* в значительной степени связана с почвенно-климатическими условиями, а также биоценотическим взаимодействием – влиянием других видов растений лесных сообществ [4–7]. Сокращение площади естественных насаждений *P. pallasiana* в нижнем поясе, очевидно, связано с антропогенным прессингом, так как здесь находится большая часть селитебных территорий Южного берега Крыма. В настоящее время в прибрежной зоне остались единичные участки природных лесов *P. pallasiana* – это,

прежде всего, в заповеднике «Мыс Мартыан» и заказнике «Мыс Айя». Заповедование данных территорий во второй половине XX в. в той или иной степени обеспечило сохранность природных комплексов с представительством *P. pallasiana*. Однако в последние годы в Крыму наблюдается усиление негативных тенденций усыхания искусственных лесных насаждений *P. pallasiana*, которые в наибольших масштабах отмечаются в степных и предгорных районах. Одна из причин снижения жизненного состояния и гибели древостоев *P. pallasiana* может быть связана с глобальным изменением климатических условий. В этой связи определенный интерес представляет изучение состояния *P. pallasiana* в краевых территориях естественного произрастания, где действие лимитирующих факторов проявляется в наибольшей степени.

Целью исследований являлось изучение структуры и состава, жизненного состояния и семенной продуктивности природных популяций *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение естественных древостоев *P. pallasiana* проводили в прибрежной зоне южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Используя методы дендрометрии и лесной таксации, определяли высоту и диаметр ствола, возраст деревьев [8, 9]. Анализ жизненного состояния осуществляли, используя оригинальную 5-ти бальную шкалу визуального определения уровня развития деревьев. В группу с оценкой 5 баллов относили деревья с хорошо развитой кроной, ровным стволом, без сухих веток и каких-либо внешних признаков повреждения; 4 балла – деревья без внешних признаков повреждения стволов, с относительно хорошо развитой кроной, в структуре которой отмечалось до 5 % усыхающих веток; 3 балла – деревья с относительно искривленным стволом, с ассиметричной кроной, в структуре которой отмечалось до 15 % усыхающих веток; 2 балла – деревья с искривленным стволом, с плохо развитой кроной, со значительной долей (до 40 %) усыхающих веток; 1 балл – деревья с плохо развитой кроной и стволом, с большим количеством, свыше 50 % отмирающих веток. На основе применения шкалы Каппера оценивали семенную продуктивность [10]. Количественные результаты учета ранжировались по возрастным группам, ступеням толщины и высотным грациям деревьев, уровню жизненного состояния и семенной продуктивности. Используя данные Никитской метеорологической станции, оценивали особенности возобновления *P. pallasiana* в связи с динамикой климатических факторов. С использованием методов вариационной статистики, определяли средние величины изучаемых показателей древостоев *P. pallasiana*, оценивали уровень связи отдельных признаков [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В заказнике «Мыс Айя» расположен сравнительно небольшой по площади (около 21 га) участок западной части естественных лесов *P. pallasiana* Горного Крыма. Экологической особенностью данных насаждений является то, что они

произрастают на относительно пологом, сформированном из обломков скального известняка, участке, в непосредственной близости к береговой линии, которая своим изгибом выступает в море, образуя небольшой мыс. При этом, сравнительно недалеко от древостоев *P. pallasiana* под отвесом скал рифтовых известняков на склонах южной экспозиции произрастает сосна пицундская (*P. brutia* var. *Pityusa* (Steven) Silba) в составе смешанных насаждений с участием фисташки туполистной (*Pistacia mutica* Fisch. & C.A. Mey.), можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.), можжевельника дельтовидного (*J. deltoides* R.P. Adams). Очевидно, такое нетипичное территориальное распределение, когда теплолюбивые растения в гипсометрическом распределении занимают территорию выше над уровнем моря, чем растения вида менее требовательного к теплу, определяется орографическими условиями, а также микроклиматической спецификой прибрежной зоны.

На пологих участках уровень инсоляция ниже, чем на склонах. В условиях южного макросклона Главной гряды Крымских гор в летний период температурный режим на склонах, особенно южной экспозиции, является наиболее важным лимитирующим фактором, определяющим особенности роста и развития лесных насаждений [12–14]. В весенний период близость моря оказывает существенное влияние на снижение температуры воздуха, что более заметно проявляется на участках береговой линии. За счет морских туманов повышается доля конденсационной влаги в общем водном балансе прибрежных территорий, особенно с нагромождением обломков скал. Определенное значение также имеет и специфика процессов репродукции данных видов рода *Pinus* L. Диссеминация *P. pallasiana* происходит в первые месяцы весны, когда действие морских туманов в повышении увлажненности проявляется в наибольшей степени, это увеличивает возможности прорастания семян и роста сеянцев.

В условиях прибрежных территорий заказника «Мыс Айя» *P. pallasiana* формирует древостой небольшой высоты, средний показатель высоты ствола составил $5,3 \pm 0,8$ м, при этом деревья имеют относительно крупные размеры диаметра – до 40 см. Продолжительность жизни отдельных растений достигает 150–180 лет, при среднем возрасте древостоя $80,1 \pm 7,2$ лет. Соотношение дендрометрических показателей и возраста растений свидетельствуют о достаточно жестких условиях произрастания *P. pallasiana* в экотопах заказника «Мыс Айя». При этом необходимо отметить, что труднодоступность данных территорий для лесозаготовок, очевидно, определила сохранность природных насаждений *P. pallasiana* на мысе Айя. Безусловно, в прошлом в западной части прибрежной зоны южного макросклона Главной гряды Крымских гор леса *P. pallasiana* были распространены значительно шире. Экотопы, подобные мысу Айя, здесь встречаются достаточно часто, однако в большинстве случаев они претерпели значительные изменения в связи с селитебным освоением и курортно-рекреационной деятельностью.

В другом обособленном участке естественных насаждений, который находится на территории заповедника «Мыс Мартьян», *P. pallasiana* представлена изреженными группами, реже – единичными деревьями в составе дубово-можжевеловых сообществ. В местах повышения влагообеспеченности – в районе

балки в северо-восточной части заповедника *P. pallasiana* формирует низкополнотные насаждения, в нижнем ярусе которых произрастают *Quercus pubescens* Willd., *Carpinus orientalis* Mill., *Arbutus andrachne* L., *Juniperus deltoides* R.P. Adams, *J. excelsa* M. Bieb., *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (Willd.) Franco & Rocha Afonso, а также некоторые инвазионные древесно-кустарниковые растения: *F. ornus* L., *Vupleurum fruticosens* L., *Buxus sempervirens* L., *Spartium junceum* L., *Berberis aquifolium* Pursh, *Sarcococca hymilis* Stapf.

Возрастная динамика является одним из наиболее важных показателей состояния древостоев. Изучение возрастной структуры позволяет в той или иной степени характеризовать историю развития древостоя, определить основные тенденции изменения его состояния. Структура демографических элементов природных популяций лесных древесных растений формируется под воздействием различных факторов, из которых наиболее важными являются почвенно-климатические.

Средний возраст *P. pallasiana* на территории заповедника составил $70,3 \pm 6,5$ лет. Наибольшую представленность имеют растения в возрасте 40 и 60 лет – 13,6 % и 13,1 % соответственно (рис. 1). Молодые и великовозрастные особи составляют незначительную часть в структуре древостоя. Доля подростка в составе насаждений не превышает 1,9 %. Растения в возрасте 20–30 лет также характеризуются незначительной численностью.

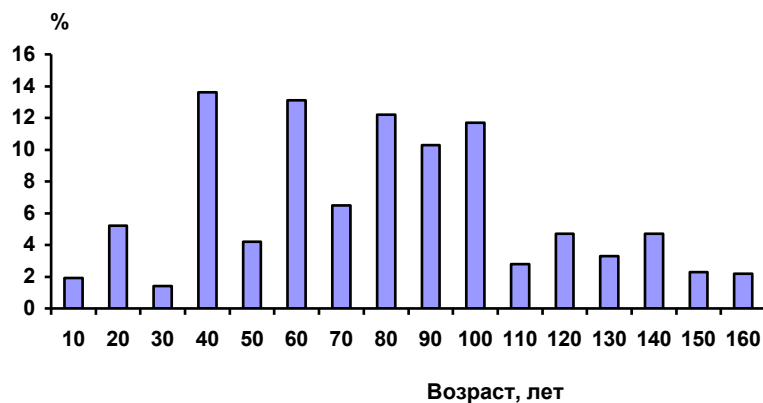


Рис. 1. Возрастная структура древостоев *Pinus pallasiana*.

Древостои *P. pallasiana* на территории заповедника «Мыс Мартьян» имеют сравнительно невысокие таксационные показатели, в их структуре преобладают низкорослые деревья с небольшим диаметром ствола (рис 2, 3). Наиболее крупные великовозрастные деревья произрастают в балках и на относительно пологих склонах юго-восточной экспозиции.

По показателям жизненного уровня большая часть деревьев *P. pallasiana* (71,7 %) в пределах территории заповедника характеризуется неудовлетворительным состоянием (рис. 4). Около 1/3 всех деревьев имеют искривленный ствол, с плохо развитой кроной и значительной долей усыхающих веток.

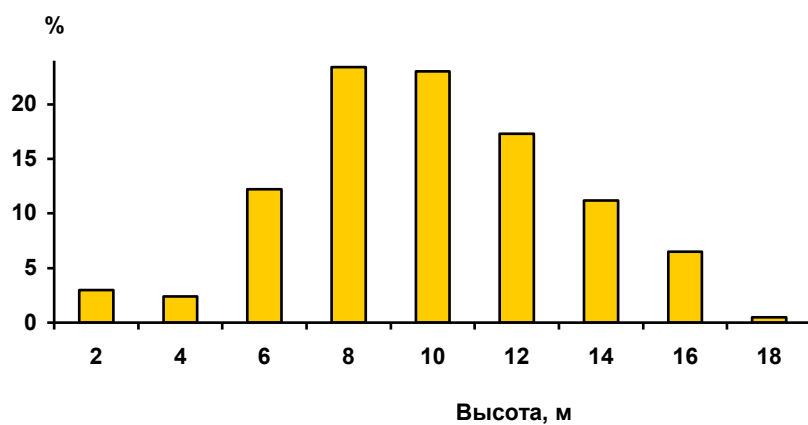


Рис. 2. Распределение деревьев *P. pallasiana* по высоте ствола.

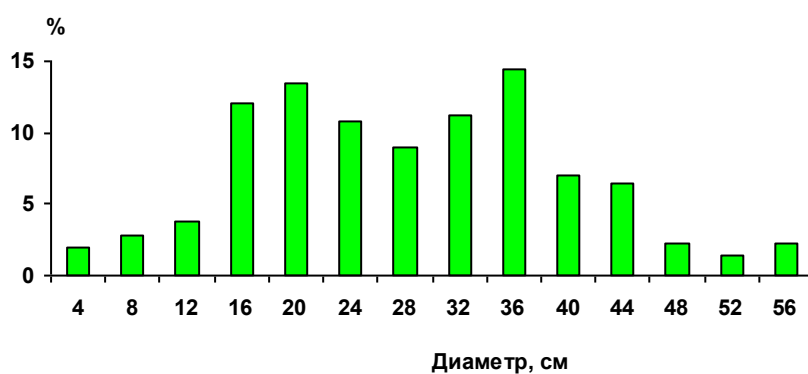


Рис. 3. Распределение деревьев *P. pallasiana* по ступеням толщины.

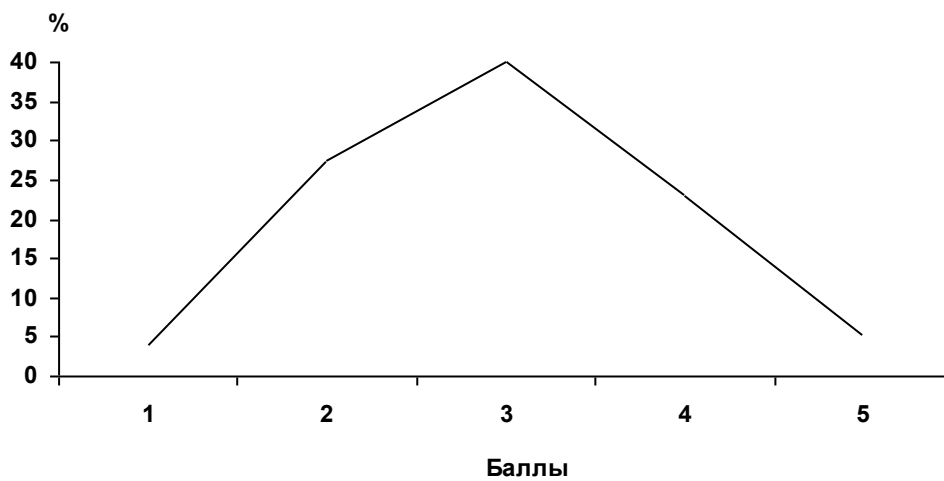


Рис. 4. Показатели жизненного состояния деревьев *P. pallasiana*.

На обрывистых склонах южной экспозиции отмечается усыхание отдельных деревьев, что в наибольшей степени проявляется на участках, примыкающих к территории заповедника, где антропогенное воздействие, связанное с рекреационной деятельностью, значительно выше. Определенная депрессивность наблюдается в развитии генеративной сферы *P. pallasiana* в экотопах мыса Мартьян (рис. 5). Около половины деревьев не формирует женских репродуктивных структур, менее 20 % взрослых растений характеризуются удовлетворительной и хорошей семенной продуктивностью.

Данная ситуация отражает общее состояние природных популяций *P. pallasiana* в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор, что, очевидно, связано с негативными тенденциями изменения условий произрастания.

Анализ особенностей семенного возобновления в связи с динамикой климатических факторов показал, что наиболее заметное влияние на уровень выживания и динамику численности популяций *P. pallasiana* в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор оказывает количество осадков и температурный режим первой половины вегетационного периода. Коэффициенты корреляции средней численности отдельных генераций *P. pallasiana* с количеством осадков, суммой положительных температур и показателями сухости климата, (определенные с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова) [15] первого полугодия за период с 1960 по 2018 гг. (рис. 6) соответственно составили 0,536–0,629 и 0,790. Динамика гидротермического коэффициента Селянинова свидетельствует об устойчивом его снижении в последние 30 лет. При этом среднегодовое количество осадков в последние десятилетия, по данным Никитской метеостанции, возросло. Таким образом, негативные тенденции изменения условий произрастания в районе проведения исследований в наибольшей степени связаны с динамикой температурного режима.

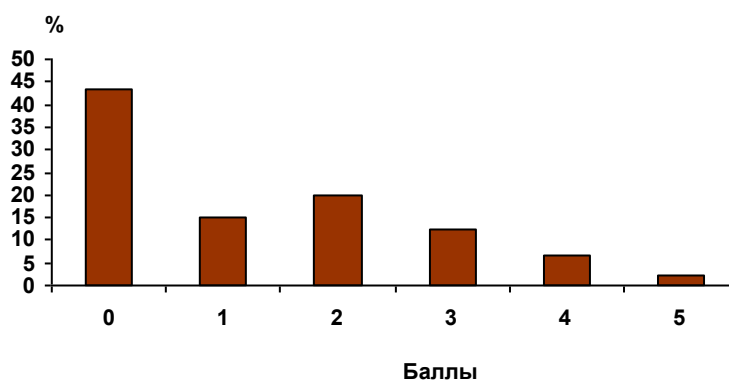


Рис. 5. Характеристика семенной продуктивности древостоев *P. pallasiana*.

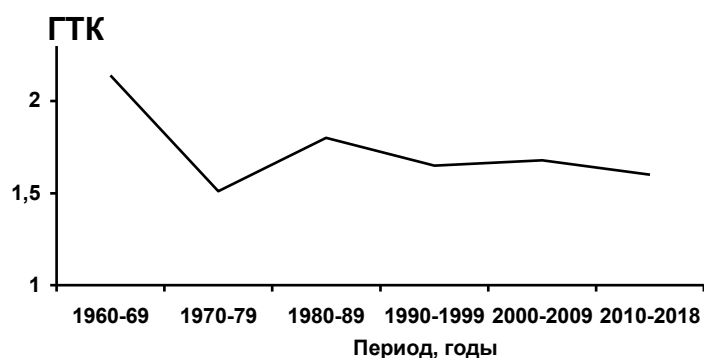


Рис. 6. Динамика гидротермического коэффициента Селянинова в районе проведения исследований.

Наши наблюдения показали, что в последние десятилетия на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор отмечается значительный рост сумм положительных температур, особенно в летний период [16]. В целом условия произрастания на ЮБК по характеристикам почвенной влаги и сухости воздуха являются достаточно жесткими для семенного возобновления *P. pallasiana*. С учетом негативных тенденций изменения климата, связанных с глобальным потеплением, можно предположить, что возможности роста и развития, семенного возобновления *P. pallasiana* в экотопах прибрежной зоны все в большей степени будут ограничиваться усилением действия лимитирующих факторов – в первую очередь увеличением сухости условий произрастания. На фоне всё возрастающей хозяйственной и рекреационной деятельности – это может привести к развитию деструктивных процессов в природных популяциях *P. pallasiana* нижнего поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Древостои *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор характеризуются сравнительно невысокими таксационными показателями. Соотношение возраста, высоты и диаметра деревьев свидетельствуют о достаточно жестких условиях произрастания *P. pallasiana* в экотопах прибрежной зоны.
2. На основе анализа особенностей семенного возобновления в связи с действием климатических факторов выявлено, что наиболее значительное влияние на уровень выживания и динамику численности популяций *P. pallasiana* оказывает температурный режим первой половины вегетационного периода.
3. На фоне всевозрастающей хозяйственной и рекреационной деятельности негативные тенденции изменения климата, связанные с глобальным потеплением, все в большей степени будут ограничивать возможности успешного роста и развития, семенного возобновления природных популяций *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

Список литературы

1. Голубев В. Н. Синэкологические оптимумы высотного распределения некоторых видов растений Горного Крыма / В. Н. Голубев, В. В. Корженевский // Бюл. Никит, ботан. сада. – 1980. – Вып. 42. – С. 10–14.
2. Голубев В. Н. Антропогенные преобразования растительности в Южном Крыму / В. Н. Голубев, В. В. Корженевский // Антропогенные процессы и растительность: сборник трудов конференции. – Уфа, 1985. – С. 77–88.
3. Дидух Я. П. Растительный покров Горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана) / Я. П. Дидух. – К: Наук. думка, 1992. – 256 с.
4. Голубев В. Н. Особенности высотного распределения растительности в Южном Крыму / В. Н. Голубев, В. В. Корженевский // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1978. – Вып. 37. – С. 19–24.
5. Дидух Я. П. Сосновые леса Горного Крыма / Я. П. Дидух // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75, № 3. – С. 336–346.
6. Плугатар Ю. В. Типологічна структура лісів Криму / Ю. В. Плугатар // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2009. – Вып. 116. – С. 120–129.
7. Плугатарь Ю. В. Леса Крыма: монография / Ю. В. Плугатарь. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 368 с.
8. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М., Лесная промышленность, 1982. – 512 с.
9. Воробьева Т. С. Дендрометрия. Учебное пособие / Т. С. Воробьева, И. С. Сальникова. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. – 55 с.
10. Родин А. Н. Пособие лесокультурнику / А. Н. Родин. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 194 с.
11. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
12. Антифеев В. В. Микроклиматическая изменчивость термических ресурсов вегетационного периода на Южном берегу Крыма / В. В. Антифеев // Труды Никит. ботан. сада. – 2003. – Т. 121. – С. 137–145.
13. Коба В. П. Возобновление коренных насаждений *Pinus pallasiana* D. Don после верховых пожаров на фоне динамики абиотических факторов в постпирогенный период / В. П. Коба // Растительные ресурсы. – 2004. – Т. 40, Вып. 2. – С. 19–30.
14. Korsakova S. A research on models of the photosynthetic light response curves on the example of evergreen types of plants / S. Korsakova, Y. Plugatar, O. Ilnitsky, M. Karpukhin // Agronomy Research. – 2019. – Vol. 17 (2). – P. 518–539.
15. Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Селянинов Г. Т. // Мировой агроклиматический справочник. – Л.; М.: Гидрометеиздат, 1937. – С. 5–27.
16. Коба В. П. Климатические факторы и динамика пожаров в лесах Горного Крыма / В. П. Коба, Т. П. Жигалова // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 52–58.

STATE AND ECOLOGICAL STRUCTURE OF POPULATIONS OF *PINUS PALLASIANA* D. DON OF THE LOWER BELT OF THE SOUTHERN MACROSLOPE OF THE MAIN RIDGE OF THE CRIMEAN MOUNTAINS

Koba V. P., Khromov A. F., Sakhno T. M.

*FSBSI "Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center" Yalta, Russian Federation
E-mail: sahno_tanya@mail.ru*

The main area of the forests of *P. pallasiana* D. Don of the Mountain Crimea is located on the southern macroslope of the Main ridge of Crimean mountains at altitudes of 400–1200 m above sea level, stretching from Zaprudnoe village to the town of Simeiz. In

some places, small areas of natural plantings of *P. pallasiana* occur in close proximity to the coastal edge, which indicates a wider distribution of this species in the lower belt of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains in the past.

The reduction in the area of natural plantings of *P. pallasiana* in the lower belt is obviously due to anthropogenic pressure, since most of the residential areas of the Southern coast of the Crimea are located here. At present, there are isolated areas of natural forests of *P. pallasiana* in the coastal zone – this is primarily in "Cape Martyan" and "Cape Aya" nature reserves. One of the reasons for the decline in the life status and death of stands of *P. pallasiana* may be due to global climate change. In this regard, the study of the state of *P. pallasiana* is of particular interest in the regional territories of natural growth, where the effect of limiting factors is most pronounced.

The study of natural stands of *P. pallasiana* was carried out in the lower zone of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains, using methods of dendrometry and forest taxation.

Under the conditions of the coastal territories of the reserve "Cape Aya", *P. pallasiana* forms open stands of trees, the average trunk height is 5.3 ± 0.8 m, while the trees have relatively large diameter sizes – up to 40 cm. The life span of individual plants reaches 150–180 years, with an average stand age of 80.1 ± 7.2 years. The ratio of dendrometric indicators and the age of plants indicate that the growing conditions of *P. pallasiana* in the ecotopes of the reserve "Cape Aya" are quite tough.

In another isolated area of natural plantings, which is located on the territory of the reserve "Cape Martyan", *P. pallasiana* is represented by widely spaced groups, less often – single trees in the oak-juniper communities. The average age of *P. pallasiana* here is 70.3 ± 6.5 years. Plants aged 40 and 60 years have the highest representation – 13.6 % and 13.1 %, respectively. Young and old individuals make up a small part of the structure of the stand. Plantings *P. pallasiana* on the territory of the reserve "Cape Martyan" have relatively low forest assessment rates, their structure is dominated by low-growing trees with a small trunk diameter. In terms of life quality, most of *P. pallasiana* trees (71.7 %) within the reserve are in poor state.

In the whole, the stands of *P. pallasiana* in the lower zone of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains are characterized by relatively low taxational indicators. The ratio of age, height, and diameter of trees indicate that *P. pallasiana* grows under rather harsh conditions in the ecotopes of the coastal zone. Based on the analysis of the characteristics of seed renewal due to the influence of climatic factors, it was found that the most significant influence on the survival rate and population dynamics of *P. pallasiana* is the temperature regime of the first half of the growing season. Against the background of ever-increasing economic and recreational activities, negative climate change trends associated with global warming will increasingly limit the opportunities for successful growth and development, seed renewal of natural populations of *P. pallasiana* in the lower belt of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains.

Keywords: populations; dynamics; state; growing conditions; climatic factors.

References

1. Golubev V. N., Korzhenevsky V. V. Synecological optima of the altitude distribution of some plant species in the Crimean Mountains, *Bul. Nikit. Bot. Gard.*, **42**, 10 (1980).
2. Golubev V. N., Korzhenevsky V. V. Anthropogenic transformations of vegetation in Southern Crimea "Anthropogenic processes and vegetation", *Proceedings of the Conference*, Ufa, 77 (1985).
3. Diduh Y. P. *Vegetation cover of the Crimean Mountains (structure, dynamics, evolution and conservation)*, 256 p. (Science Dumka, Kyiv, 1992).
4. Golubev V. N., Korzhenevsky V. V. Features of the altitudinal distribution of vegetation in Southern Crimea, *Bul. Nikit. Bot. Gard.*, **37**, 19 (1978).
5. Diduh Y. P. Pine forests of the Crimean Mountains, *Botan. journal*, **75**, 336 (1990).
6. Plugatar Yu. V. Typological structure of forests of the Crimea, *Forestry and agroforestry*, **116**, 120 (2009).
7. Plugatar Yu. V. *Forests of the Crimea: monograph*, 368 p. (PH "ARIAL", Simferopol, 2015).
8. Anuchin N. P., *Forest taxation*, 512 p., (Forest industry, Moscow, 1982).
9. Vorobyeva T. S., Salnikova I. S. *Dendrometry Textbook*, 55 p. (Ural State Technical University, Yekaterinburg, 2014).
10. Rodin A. N. *Textbook of forestry worker*, 194 p. (Forest industry, Moscow, 1969).
11. Lakin G. F. *Biometrics*, 352 p. (Higher School, Moscow, 1990).
12. Antyufeev V. V. Microclimatic variability of thermal resources of the vegetation period on the southern coast of the Crimea, *Proceedings of the Nikit. Bot. Gard.*, **121**, 137 (2003).
13. Koba V. P. The resumption of root plantings of *Pinus pallasiana* D. Don after horse fires against the background of the dynamics of abiotic factors in the post-pyrogenic period, *Plant Resources*, **40(2)**, 19 (2004).
14. Korsakova S., Plugatar Y., Ilnitsky O., Karpukhin M. A research on models of the photosynthetic light response curves on the example of evergreen types of plants, *Agronomy Research*, **17(2)**, 518 (2019).
15. Selyaninov G. T. *Methods of agricultural climate characteristics*, *World agroclimatic reference book*, pp. 5-27, (Gidrometeoizdat, Leningrad; Moscow, 1937).
16. Koba V. P., Zhigalova T. P. Climatic factors and dynamics of fires in forests of the Mountainous Crimea, *Forestry*, **2**, 52 (2014).

УДК 581.93:502.72(292.471)

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВ ПОД ВИНОГРАДНИКАМИ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ В СТЕПНОМ КРЫМУ

Кобечинская В. Г., Пышкин В. Б., Ульчицкая В. Н.

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

Работа посвящена изучению ведущих параметров почв с использованием физико-химических методов исследования, позволивших провести оценку их качества для выращивания виноградников в степном Крыму на примере АО «Старокрымский» Кировского района. Дана общая характеристика современного состояния виноградников данного предприятия. По результатам агрохимического, эколого-токсикологического исследования данные почвы характеризуются средними показателями по гумусу, рН водной вытяжки, по подвижным формам азота, фосфора и калия; они соответствуют среднему уровню плодородия, что свидетельствует о целесообразности их применения для выращивания винограда. Для получения виноматериалов в условиях Кировского района Крыма можно рекомендовать расширить площади под сорта «Алиготе» и «Ркацители» для не укрывного выращивания лозы, жестко регулировать нормы внесения удобрений и химических средств защиты плантаций. Выращиваемые технические сорта винограда на данных почвах соответствуют требованиям государственных стандартов, что подтверждают материалы микробиологических исследований.

Ключевые слова: почвы, физико-химические показатели, виноградники, микроэлементы, тяжелые металлы, виноматериалы, степной Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Винодельческая отрасль в Крыму является перспективным направлением развития экономики России, что обусловлено благоприятными почво-климатическими условиями и достаточной обеспеченностью трудовыми ресурсами. Однако, на сегодня, стабильной и эффективной работе винодельческих предприятий препятствует множество проблем, среди них: низкая обеспеченность сырьем перерабатывающих заводов, нарушение паритетных взаимоотношений производителей сырья и винодельческих предприятий, высокая конкуренция, незащищенность отечественного производителя, недостаточная поддержка со стороны государства, низкое качество производимой продукции и др. [1, 2]. К числу актуальных проблем современного виноделия относится и получение экологически безопасной винодельческой продукции, обладающей высокими пищевыми, диетическими и лечебно-профилактическими свойствами [3].

Как известно, виноградная лоза часто подвергается различным заболеваниям, поэтому её многократно обрабатывают химическими средствами защиты. Они в

свою очередь оказывают негативное влияние на почвы, на которых произрастает виноград, а также в дальнейшем и на виноматериал. Вышеуказанная проблематика обусловила выбор темы исследования и ее актуальность.

Развитию виноградарско-винодельческого комплекса в Крыму посвящено много научных работ [4–7] и др. Однако, подходы в этих исследованиях, главным образом, фокусировались на общих проблемах и явлениях в процессе развития отрасли виноградарства и виноделия в современных условиях рыночных отношений.

Исследованию качества виноградного сырья и экологической безопасности винодельческой продукции посвящено значительно меньшее число работ [8–11].

Задачами данного исследования было оценить современное качество почв, используемых под виноградники в АО «Старокрымский» Кировского района, что в научной литературе не отражено, с учетом многолетнего применения удобрений и химических средств защиты плантаций от различных болезней для получаемых виноматериалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На землях АО «Старокрымский» был проведен отбор почвенных образцов с 10-ти участков общей площадью 359,7 га. Было отобрано 115 образцов почвы с горизонтов 0–30см, 31–60см и 61–90см. Объединённую пробу составляют из многих точечных проб (индивидуальных образцов), отобранных равномерно со всей площади элементарного участка поля. Эти данные агрохимических анализов распространяются на всю площадь контрольного участка поля, с которого берутся смешанные образцы, поэтому этот элементарный участок можно оценить по уровню обеспеченности макро- и микроэлементами, равномерностью внесения удобрений, по почвенным и микроклиматическим параметрам с учетом целевого назначения сельскохозяйственных угодий. Отбор почвенных образцов проводили тростевым буром [12]. Масса почвы, забираемая при одном уколе тростевого бура, невелика, поэтому среднюю пробу составляют из многих разовых проб. Для получения среднего образца отбирались 20–30 индивидуальных проб одинаковой массы в разных местах участка (в зависимости от его площади).

Выбор маршрута при агрохимическом картировании в значительной степени определялся конфигурацией поля. Полученные образцы почвы в лабораторных условиях исследовали с последующим их физико-химическим анализом и обработкой методами вариационной статистики [13, 14]. Определяли количество: гумуса, рН водной вытяжки, оксидов кальция комплексометрическим титрованием, общее содержание азота при мокром озолении – методом Кьельдаля, оксидов калия и фосфора – с помощью плазменного фотометра. Также оценивали содержание микроэлементов и ряда тяжелых металлов вольтамперометрическим методом на полярографе, что дало информацию о качественном и количественном составе анализируемых элементов. Ошибка средней величины для данных составила $\pm 7-10 \%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Акционерное общество «Старокрымский» – сельскохозяйственное предприятие, специализирующееся на производстве технических сортов винограда и его переработке было организовано в южной части Кировского района степного Крыма в 1933 году. Обособленные подразделения его расположены на территории сел Первомайское и Изюмовка. Земельная площадь первоначально колхоза, а в последствие винсовхоза АО «Старокрымский» составляет 8503 га, в том числе сельскохозяйственных угодий – 7171 га. Общая площадь виноградников – 1092,99 га, из них плодоносящих – 1090,29 га, молодые посадки – 2,70 га. К сожалению, не каждый год с учетом особенностей температурного режима и влагообеспеченности вегетационного периода, уровень сахаронакопления соответствует кондициям, поэтому 774,93 га (71,1 %) эксплуатируемых плантаций переведены на капельное орошение.

Распределение по выращиваемым сортам, с учетом занимаемых ими площадей, приводится в табл. 1. Наибольшие площади занимают сорта: «Ркацители» – 205,86 га, «Шардоне» – 170,33 га, «Совиньон зелёный» – 159,85 га и «Алиготе» – 153,09 га. Для остальных сортов они колеблются от 62,0 га до 109,79 га.

Таблица 1

Состав земельных угодий с разбивкой по сортам винограда винсовхоза АО «Старокрымский» Кировского района

Сорт винограда	Занимаемая площадь, га
Шардоне	170,33
Совиньон зелёный	159,85
Алиготе	153,09
Ркацители	205,86
Мускат Отгонель	109,79
Фетяска	62,0
Каберне Совиньон	73,2
Мерло	88,1
<i>Всего</i>	1022,22

Используемые сорта отличаются высокой продуктивностью, долговечностью, качественным урожаем и востребованностью перерабатывающими предприятиями для получения виноматериалов высоких кондиций. Наибольший валовой сбор винограда был получен в 2013 г – 96,5 тыс. ц, наименьший в 2014 г – 36,5 тыс. ц. В целом, показатели урожая за последние 10 лет колебались в пределах от 58,5 тыс. ц до 46,6 тыс. ц.

В комплекс предприятия входят цеха: виноградарства с виноградниками, первичной переработки винограда и производства вин. АО «Старокрымский» является одним из крупнейших виноградарско-винодельческих предприятий Крыма.

Завод оснащен новой линией розлива, что делает его предприятием полного цикла. Объём единовременного хранения виноматериалов составляет 550,0 тыс. дал. В рамках Инвестиционного проекта в 2016 году акционерное общество «Старокрымский» приобрело новое оборудование для винзавода и виноградоуборочный комбайн, а также новое оборудование для линии розлива вин, в результате чего мощность её увеличилась до 300,0–400,0 тыс. бутылок в месяц.

Здесь крайне благоприятен климат для развития промышленного виноградарства. Продолжительность безморозного периода – 234 дня, годовая сумма осадков не превышает 333 мм. По международным стандартам данные показатели являются крайне благоприятными для выращивания качественного винограда. Более того, эти посадки расположены в уникальной местности, здесь постоянно смешиваются воздушные потоки, насыщенные солями Черного и Азовского морей, что придает производимому здесь вину оттенки редких ароматов, делая их уникальными, с особенно свежим вкусом и букетом. На сегодняшний день завод выпускает вина: «Villa Krim», «Золотая Амфора», «Ялтинский Дворик», «Старый Крым» и др.

Равнинный Крым располагается в подзоне дерновинно-злаковых сухих степей с южными черноземами и темно-каштановыми почвами, сформировавшихся на лёссовидных породах [15]. Исследованные почвы относятся к черноземам южным карбонатным.

По содержанию остаточного хлора в анализе водной вытяжке показатели колеблются от 0,08–0,065 мг-экв. на 100 мг почвы (при пороге токсичности 0,3), т.е. здесь не прослеживается хлоридное засоление почв. Показатель ионного Na^+ также достаточно низок – от 0,13 до 0,29 мг-экв. на 100 г почвы (при пороге токсичности 1,0). По сульфатному содержанию эти величины варьируют от 0,14 до 0,323 мг-экв. на 100 г почвы, что в 6 раз ниже порога токсичности, который составляет 1,7. Следовательно, почвы не имеют хлоридного или хлоридно-сульфатного засоления.

По укрупненным 10 участкам приводим данные плодородия почв (рис. 1). Самые низкие показатели гумуса выявлены на участках № 4 и № 8 (2,26–1,97 %), т.к. они расположены на возвышенности холма и идет смыв его со склона, а самые высокие до 3,79 % на участке № 10 в понижениях рельефа. В целом, главенствуют почвы (78,9 %) с содержанием гумуса 2,23–3,34%. По профилю почвенного разреза содержание гумуса с глубиной резко снижается на 0,7–1,0 %, что связано с особенностями корневой системы виноградников, которые проникают на значительную глубину с обилием приповерхностных корней, которые активно забирают элементы питания почв с верхних горизонтов.

Подстилающие породы – известняки, поэтому рН водной вытяжки по всем участкам колеблется в пределах 8,1–8,3 и только на вершине холма (участок № 3) с включением обломков известняка и минимальным почвенным профилем этот показатель достигает 8,4. Анализ почвенных образцов контрольных участков по обеспеченности их фосфором и калием выявил следующую закономерность (рис. 2).

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВ ПОД ВИНОГРАДНИКАМИ С УЧЕТОМ ...

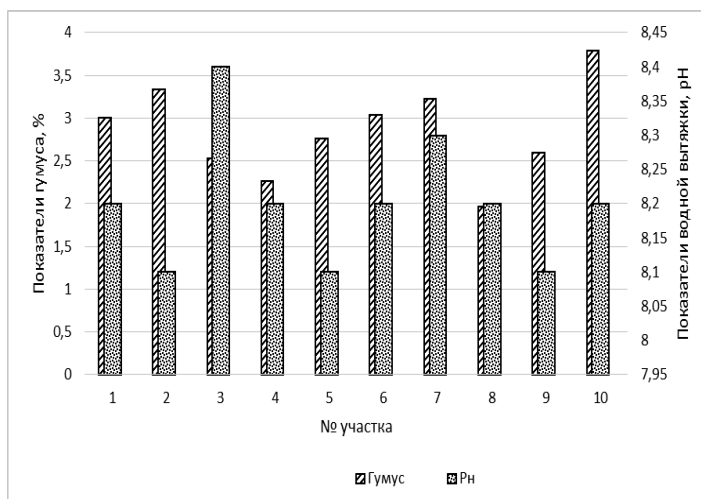


Рис. 1. Показатели гумуса (%) и рН водной вытяжки в почве на 10 контрольных участках виноградников винсовхоза АО «Старокрымский» Кировского района.

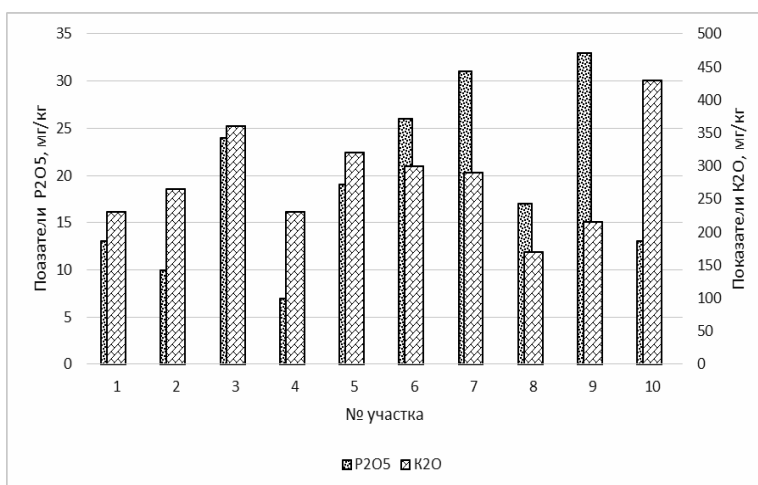


Рис. 2. Показатели содержания фосфора ((мг/кг) и калия (мг/кг) в почве на 10 контрольных участках виноградников винсовхоза АО «Старокрымский» Кировского района.

Фосфор относится к важнейшим элементам, так как принимает участие в энергетических процессах жизнедеятельности растений. Он обеспечивает нормальное развитие и функционирование корневой системы, образование крупных соцветий, способствует вызреванию плодов, его нехватка негативно сказывается на цветении и процессе созревания. Важна обеспеченность этим элементом всех биогеогоризонтов выше нижнего предела его оптимальной концентрации, составляющей 0,20 % [16, 17]. P₂O₅ колеблется от 7 мг/кг участке №4 до 33 мг/кг на участке № 9. Он полностью расходуется виноградниками на свою

жизнедеятельность и с глубиной почвенного разреза содержание этого элемента минимально. Следует отметить, что под сортами с высоким содержанием сахара, фосфор из почв расходуется более интенсивно. Именно на участке № 4 выращивается сорт винограда «Мускат Оттонель» и снижение в почве этого элемента четко коррелирует с этими особенностями сортов, в результате почвы этих участков обеднены фосфором. Площади с дефицитом фосфорного обеспечения достигают 34,7 %, т.е. треть от общего количества исследованной территории, что требует обязательного внесения осенних подкормок под виноградники для обеспечения их нормального развития.

Роль калия важна в синтезе крахмала, жиров, белков и сахарозы. Он защищает от обезвоживания, укрепляет ткани, предупреждает преждевременное увядание цветков. Увеличение доли кальция, а следовательно, и снижение соотношения К: Са повышает устойчивость растений в период острого дефицита влаги в течение вегетационного периода, который характерен для данной климатической зоны [18]. Потребление соединений калия имеет сходную тенденцию с динамикой фосфора. В верхнем горизонте (разрез 0–30) калия – 170 мг/кг на участке № 8, повышаясь почти в 2,5 раза до 430 мг/кг на участке № 10. Обеспечение элементами питания калия по профилю почвенного разреза с глубиной падает до нуля на всех участках, так как виноградники активно потребляют этот элемент уже в верхнем слое почвы. Кроме динамики макроэлементов, были выполнены исследования с оценкой содержания ряда значимых микроэлементов в почвах этого сельскохозяйственного предприятия на плантациях винограда. Представляет интерес проследить изменение распределения микроэлементов меди и кобальта в структуре почвенного профиля (рис. 3).

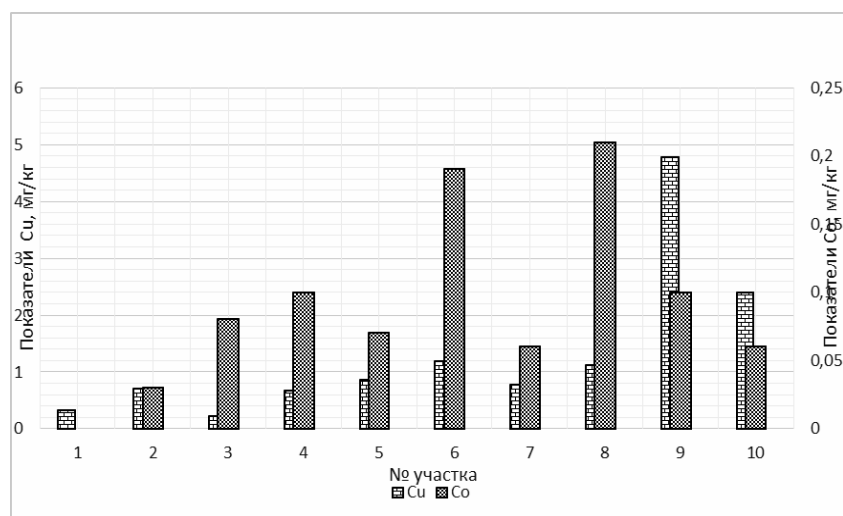


Рис. 3. Показатели содержания микроэлементов меди (мг/кг) и кобальта (мг/кг) в почве на 10 контрольных участках виноградников винсовхоза АО «Старокрымский» Кировского района.

Медь участвует в фотосинтезе, регулирует транспорт белков, а так же повышает содержание азота и фосфора в тканях, защищает хлорофилл от разрушения [19]. Содержание Cu на контрольных участках колеблется от 0,22 мг/кг на участке № 3 до 4,78 мг/кг на участке № 9. Содержание меди в почве варьирует в зависимости от сорта винограда. Например, на участке, где выращивается сорт «Ркацители» содержание меди – 0,29 мг/кг, а где произрастает сорт «Мерло» на участке № 6 эти величины снижаются с 1,18 мг/кг до 0,24 мг/кг, Следовательно, красные сорта винограда более требовательны к этому микроэлементу и активнее его потребляют из почвы.

Кобальт стимулирует развитие растительных тканей и клеточную репродукцию листьев путем увеличения толщины и объема мезофилла в листьях. Он также является частью ферментов (декарбоксилаза, супероксиддисмутаза), которые принимают непосредственное участие в синтезе углеводов, а так же являются частью защитной системы растений [20]. Содержание кобальта в почве не выявило четкой динамики по почвенному разрезу. На участке № 1 он в почвенной пробе отсутствует с верхнего горизонта, на остальных участках происходит снижение его с глубиной профиля.

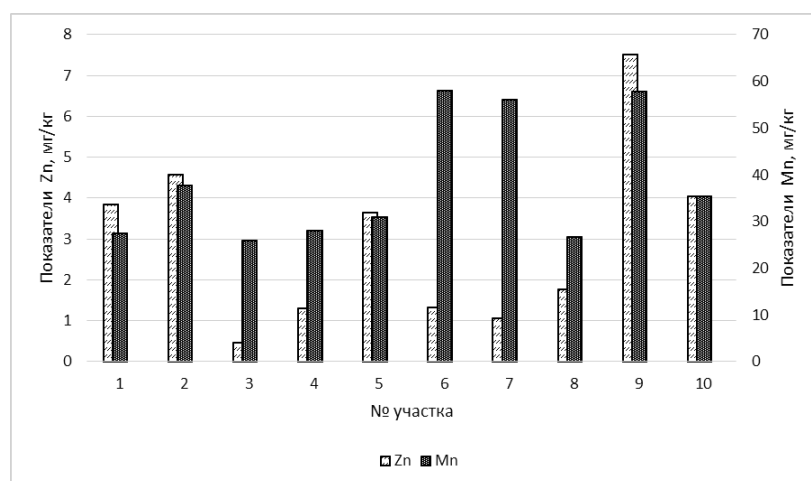


Рис. 4. Показатели содержания микроэлементов цинка (мг/кг) и марганца (мг/кг) в почве на 10 контрольных участках виноградников винсовхоза АО «Старокрымский» Кировского района

Так, на участке № 3 кобальта содержится 0,05–0,02 мг/кг, т.е. чуть выше критического уровня (0,08 мг/кг), а на глубине 30–60 на этом же участке он вообще не выявлен. На участке № 6 и № 8 прослеживается его возрастание в 3 раза, поэтому четкой закономерности в динамике его распределения по профилю нет.

Цинк повышает выработку сахарозы и крахмала, которые содержатся в плодах, способствует выработке витаминов. При нехватке цинка растения хуже противостоят холоду и засухе [20, 21]. Содержание цинка (рис. 4) варьирует от минимальных показателей – 0,46 мг/кг на участке № 3 (на вершине холма с

минимальным почвенным профилем) до 7,51 мг/кг на участке № 10 (в низине балки). Высокие концентрации и большая доступность активно выщелачиваемых при элювиальных условиях подвижных форм меди и цинка в почвах нижних частей профиля вызывает безбарьерное накопление виноградом этих элементов.

Марганец участвует в процессе фотосинтеза, способствует увеличению содержания сахаров и их оттоку из листьев, ускоряет рост растений [6, 19]. При высоком содержании гумуса идет возрастание марганца, поэтому именно на участках с наибольшими показателями гумуса, отмечается и наиболее значительное его содержание в почве, а низкое содержание калия активизирует его движение в глубину почвенного разреза по профилю.

Были проведены также исследования на присутствие в почве тяжелых металлов: на примере свинца и кадмия (рис. 5). Установлено, что их содержание в исследуемых почвах низкое.

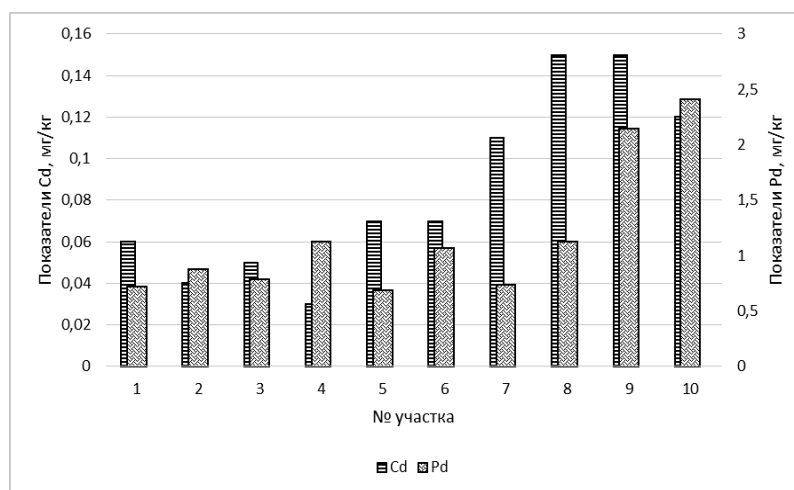


Рис. 5. Показатели содержания кадмия (мг/кг) и свинца (мг/кг) в почве на 10 контрольных участках виноградников винсовхоза АО «Старокрымский» Кировского района Р. К.

Основным источником кадмиевого загрязнения почв является внесение удобрений, в особенности суперфосфата, в состав которого он входит в качестве примеси [18]. Токсичность кадмия для растений объясняется его близостью по химическим свойствам к цинку и замещением его во многих биохимических процессах, что приводит к нарушению активности ферментов, участвующих в белковом, нуклеиновом и других обменах, к торможению фотосинтеза, нарушению транспирации и фиксации углекислого газа, ингибированию биологического восстановления NO_2 в NO , изменению проницаемости клеточных мембран (вплоть до разрыва), осложнениями в транслокации и метаболизме растениями цинка, меди, марганца, кальция, магния, фосфора и других элементов [19, 20]. Максимальная адсорбция кадмия свойственна нейтральным и щелочным почвам с высоким

содержанием гумуса и высокой ёмкостью поглощения, что характерно для данных почв, поэтому содержания кадмия в этих почвах в 10–15 раз ниже ПДК. Он малоподвижен в щелочной среде, поэтому практически не загрязняет почвы, только единичные участки отмечаются незначительным его присутствием в почвах (0,011–0,015 мг/кг), что крайне несущественно при его ПДК – 0,7 мг/кг.

Свинец является регулятором фотосинтеза, угнетая его, он абсорбируется на листьях, как из воздуха, так и из почвы, при аккумуляции его на почвенных частицах [21]. Содержание свинца на участке № 4 в верхнем горизонте почвы невысокое – 1,13 мг/кг, № 6 – 1,07 мг/кг. Самые значительные показатели выявлены на участке № 9 – 2,15 мг/кг, но все равно они очень далеки до токсичного уровня (ПДК свинца – 6,0 мг/кг). Возможно, это связано с расположенностью данного участка близко к междугородней трассе, миграция по профилю почвенного разреза свинца также не значительна.

Следовательно, изученные почвы по своим физико-химическим показателям благоприятны для развития виноградарства в этом районе Крыма. Но есть и существенные проблемы. Наличие в почве достаточного количества питательных веществ является важным фактором получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Однако такое долговременное использование почвы под многолетней культурой винограда без внесения органических удобрений вызывает развитие эрозионных процессов, деградацию почв, и как следствие, потерю плодородия, снижение урожаев и т. п.

Качество сырья для изготовления вина, прежде всего, обуславливается содержанием сахара в ягодах, которого накапливается от 12 до 30 % в зависимости от сорта и условий выращивания. Кроме сахаров, в ягодах винограда содержится много органических кислот. Гармоничное сочетание этих составляющих во многом определяет качество виноматериалов [3, 4].

Оценка качества винограда как сырья для производства высококачественных виноматериалов показывает, что в условиях Кировского района в Республике Крым наиболее уязвимым местом, в этом отношении, является достаточно низкое содержание сахаров в ягодах. Не каждый год уровень сахаронакопления соответствует кондициям. Одним из способов повышения качества ягод винограда является внесение минеральных удобрений. Однако, использование удобрений на виноградниках, их роль в повышении производительности и качества винограда довольно противоречивые вопросы в виноградарстве. По данным ряда исследований, применение удобрений дает сравнительно высокие прибавки урожая в различных почвенно-климатических зонах виноградарства, но снижает качество виноматериалов [9].

Существующие технологии выращивания винограда требуют применения значительного количества агрохимикатов, внесение больших доз минеральных удобрений. Внедрение этих технологий обуславливает загрязнение окружающей среды и самого растения токсичными для человека веществами и получения некачественной продукции.

Микроорганизмы имеют существенное влияние на формирование и генезис почвы и в значительной степени определяют её плодородие. Применение

микробных препаратов способствует созданию оптимальных условий для развития полезной микрофлоры, которая повышает плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Кроме того, полезная микрофлора подавляет вредную патогенную микрофлору, способствует оздоровлению почвы.

Ассоциативные микроорганизмы являются сапрофитами и для своей жизнедеятельности нуждаются в свежем органическом веществе. Поэтому так важно обогащать почву навозом, соломой, сеять сидериты и многолетние травы, а не стремиться к увеличению доз минеральных удобрений в погоне за высокими урожаями.

Таким образом, многовековой опыт возделывания винограда в традиционно – виноградарских районах показывает, что наиболее качественная продукция может быть выращена на почвах каменистых, лёгких, крутосклонных, хорошо прогреваемых, аэрируемых, с улучшенной влагоёмкостью и с относительно высоким содержанием питательной фракции. Большинство из выше перечисленных характеристик имеют почвы виноградников винсовхоза АО «Старокрымский» Кировского района.

Подбор химических средств защиты определяется спектром заболеваний и вредителей, которые поражают виноградники. Из всего многообразия применяемых на виноградниках препаратов, отдаются предпочтение соединениям, относящимся к группе синтетических пиретроидов, которые эффективны по воздействию на тех или иных вредителей, но не стойкие и быстро разрушаются, не накапливаясь в виноматериалах.

Например, по данным 2018 г с учетом реального поражения растений, обусловленного климатическим факторами – ослабление лозы из-за острого дефицита влаги в летний период этого года, пришлось применять группу дитиокарбаматов («Полирам») против патогенных микроорганизмов (предотвращение прорастание спор грибов) не зависимо от сорта выращиваемого винограда. Вторая группа использованных препаратов на основе карбоксамидов («Коллис») основана на ингибировании митохондриального цикла дыхания, блокирует энергоснабжение клеток гриба вместе с жизненными процессами, связанными с этой функцией.

Сравнение красных и белых сортов винограда к грибковому поражению свидетельствует о более высокой уязвимости белых сортов «Алиготе», «Савиньон зеленый» и «Ркацетели», красные технические сорта были менее подвержены грибковому поражению.

Поэтому не существует единого рецепта обработки, который мог бы служить универсальным средством от всех болезней. Но следует правильно оценивать риски, складывающиеся в различные периоды вегетации при разных погодных условиях, и принимать соответствующие меры. Климат регионов полуострова, где сегодня выращивают виноград, и присутствующий здесь инфекционный фон, сильно различаются. Каждый агроном должен знать угрозы и факторы им благоприятствующие, осознавать риски, уметь строить индивидуальную схему защиты, соответствующую условиям конкретного года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изготовления натуральных высококачественных вин винсовхоз АО «Старокрымский» использует технические сорта винограда, которые соответствуют требованиям государственных стандартов.

По результатам агрохимического, эколого-токсикологического исследования почва характеризуется: как среднегумусная, щелочная, со средним содержанием подвижных форм фосфора и калия. Высокое содержание гумуса в верхнем почвенном горизонте коррелирует с большим значительным содержанием здесь калия. Она соответствует среднему уровню плодородия, что свидетельствует о целесообразности её применения для выращивания винограда. Содержание микроэлементов в почве создают благоприятные условия для виноградовства.

Наличие тяжелых металлов обуславливается различными факторами, как физико-химическими, так и природными. Столовые вина с высоким содержанием сахара более интенсивно потребляют фосфор из почвы, чем сухие сорта. Показатели в почве свинца и кадмия не значительны, Кадмий в щелочной среде малоподвижен, поэтому практически не загрязняет её. Несколько повышенное содержание свинца в верхнем горизонте на ряде участков обусловлено близким расположением их к междугородней автотрассе. Для получения виноматериалов в условиях Кировского района Крыма можно рекомендовать расширить площади под сорта «Алиготе» и «Ркацителли» для не укрывного выращивания, жестко регулировать нормы внесения удобрений и химических средств защиты плантаций.

Список литературы

1. Экология Крыма. Угрозы устойчивому развитию. План действий. – Симферополь: ИТ» АРИАЛ». – 2014. – 176 с.
2. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы: Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. №717 (с изменениями и дополнениями от 15.07.2013 г., 15.04.2014 г., 19.12.2014 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70210644>. – (Дата обращения: 23.12.2019 г.).
3. Гугучкина Т. И. Качество виноградного сырья и экологическая безопасность винодельческой продукции / Т. И. Гугучкина, Е. Н. Якименко, М. Г. Марковский // Виноделие и виноградарство.– 2009. – №1. – С. 5–12.
4. Егоров Е. А. Разработки, формирующие современный облик виноградарства. Монография / Е. А. Егоров, К. А. Серпуховитина, В. С. Петров. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2015. – 281 с.
5. Матчина И. Г. Экономика виноделия / И. Г. Матчина, А. Н. Бузни. – Симферополь: Таврида, 2012. – 256 с.
6. Методические рекомендации по усовершенствованию методов диагностики и разработка системы оптимизации питания растений и управления уровнями урожаев и качества продукции применительно к винограду / Под ред. М. Н. Борисенко. – Ялта, НИВиВ «Магарач». – 2014. – 24 с.
7. Черемисина С. Г. Развитие виноградно-винодельческого производства Крыма: монография. / С. Г. Черемисина – К.: ННЦ ИАЭ. – 2009. – 490 с.
8. Фенольный комплекс виноматериалов из интродуцированных клонов винограда / А. Я. Яланецкий, Н. А. Шмигельская, В. А. Загоруйко // «Магарач» Виноградарство и виноделие. – 2013. – №1. – С. 26–29.
9. Шольц-Куликов Е. П. Формирование высокого качества винограда для производства вина / Е. П. Шольц-Куликов, Е. В. Каракозова // Виноград и вино России. – 2000. – №6. – С. 28–34.

10. Скрипников Ю. Г. Производство плодово-ягодных вин и соков / Ю. Г. Скрипников. – М.: Колос. – 2013. – 256 с.
11. Кишковский З. Н. Химия вина / З. Н. Кишковский, И. М. Скурихин. – М.: Пищевая промышленность. – 2016. – 311 с.
12. Mehta J. P. Analysis of the physic-chemical properties of the soil and climatic attribute on vegetation in Central Himalaya / J. P. Mehta, B. Shreshthamani // Nature and Science. – 2014. – No 12 (11). – P. 46–54.
13. Воробьева Л. А. Химический анализ почв / Л. А. Воробьева. – М.: МГУ. – 1998. – 272 с.
14. Шмойлова Р. А. Общая теория статистики: учебник / Р. А. Шмойлова. – М.: Финансы и Статистика. – 2002. – 480 с.
15. Драган Н. А. Почвенные ресурсы Крыма / Н. А. Драган. – Симферополь: Доля. – 2004. – 208 с.
16. Перельман А. И. Геохимия ландшафта./ А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М.: Астрей. – 2000. – 768 с.
17. Qiao Y. F. Chemical composition of soil organic carbon changed by long-term monoculture cropping system in Chinese black soil / Qiao Y. F., Miao S. J., Li Y. X., Zhong X. // Plant Soil Environ. – 2018. – No 64 – P. 557–563.
18. Нестеренко В. П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма / В. П. Нестеренко // Научные ведомости: Естественные науки. – 2016. – Вып. 36, № 18. – 239 с.
19. Битюцкий Н. П. Микроэлементы и растение / Н. П. Битюцкий – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. – 1999. – 232 с.
20. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир. – 1989. – 439 с.
21. Алексеенко В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитящих ландшафтов: Монография / В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко. – Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета. – 2013. – 380 с.

ASSESSMENT OF SOIL QUALITY UNDER VINEYARDS, TAKING INTO ACCOUNT THE USE OF FERTILIZERS AND CHEMICAL MEANS OF PROTECTION IN THE STEPPE CRIMEA

Kobechinskaya V. G., Pyshkin V. B., Ulitskaya V. N.

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

One of the largest wine-making and wine-making enterprises of Crimea is Starokrymsky, located in the Kirovsky district of the steppe Crimea. The enterprise complex includes workshops: viticulture with vineyards, primary grape processing and wine production. The plant is equipped with a new bottling line, which makes it a full-cycle enterprise. The objectives of this study were to assess the quality of the soils used for vineyards at this enterprise, which is not reflected in the scientific literature. The total vineyard area is 1092.99 ha. The largest varieties are: Rkatsiteli – 205.86 ha, Chardonnay – 170.33 ha, Green Sauvignon – 159.85 ha, and Aligote – 153.09 ha. The varieties used are distinguished by high productivity, durability, high-quality yield and demand by processing enterprises for obtaining wine materials of high standards. Unfortunately, not every year, taking into account the peculiarities of the temperature regime and moisture supply of the growing season, the level of sugar accumulation corresponds to the conditions, therefore 774.93 ha (71.1 %) of the plantations in operation were transferred to drip irrigation.

Soil samples were taken from 10 plots with a total area of 359.7 hectares. 115 soil samples were taken from the main horizons. They were investigated in laboratory conditions by physicochemical methods followed by statistical processing. Soils do not have sodium chloride or chloride-sulfate salinization. In general, soils dominate (78.9 %), with a humus content of 2.23–3.34 %. The underlying rocks are limestone's, therefore, the pH of the water extract in all areas ranges from 8.1–8.3. The phosphorus content ranges from 7 mg/kg in plot No. 4 to 33 mg/kg in plot No. 9. It is completely consumed by vineyards for their livelihoods. With increasing depth of the soil section, the content of this element is minimal. Therefore, the area of vineyards with a phosphorus deficiency reaches 34.7 %. Consumption of potassium compounds has a similar trend with the dynamics of phosphorus. The potassium element in the upper horizon is 170 mg/kg in plot No. 8, increasing almost 2.5 times to 430 mg/kg in plot No. 10. Providing potassium with nutrients along the profile of the soil section with depth drops to zero in all areas, since vineyards are actively consuming this element already in the upper horizon. The copper content ranges from 0.22 mg/kg in plot No. 3 to 4.78 mg/kg in plot No. 9. The copper content in the soil varies depending on the variety of grapes grown. In the section where the Rkatsiteli variety is grown, the copper content is 0.29 mg / kg, and where the Merlot variety grows in section No. 6, these values decrease from 1.18 mg/kg to 0.24 mg/kg. Therefore, red grape varieties are more demanding on trace elements and more actively consume them from the soil. On site No. 3 of cobalt contains 0.05-0.02 mg/kg, i.e. slightly above the critical level (0.08 mg/kg), and at a depth of 30–60 in the same area it was not detected at all. In section No. 6 and No. 8, its increase is 3 times, so there is no clear pattern in the dynamics of its distribution along the profile. The zinc content varies from the minimum indicators – 0.46 mg/kg in the plot No. 3 (on the top of the hill with a minimum soil profile) to 7.51 mg/kg in the plot No. 10 (in the lowland of the beam). High concentrations and high availability of mobile forms of copper and zinc actively leached from alluvial conditions in the soils of the lower parts of the profile cause barrier-free accumulation of these elements by grapes. With a high content of humus, manganese increases, therefore, in areas with the highest fertility, its most significant content in the soil is also noted, and a low content of potassium activates its movement into the depth of the soil section along the profile. One of the ways to increase the grape harvest is the application of mineral fertilizers, but it contributes to the accumulation of heavy metals in the soils, primarily cadmium and lead. The cadmium content on these soils is 10–15 times lower than the MPC. It is inactive in an alkaline environment, and therefore practically does not pollute the soil. Single sites are marked by its insignificant presence in soils from 0.011 to 0.015 mg/kg, which is extremely not significant with its maximum permissible concentration of 0.7 mg / kg. The lead content in the plot No. 4 in the upper soil horizon is low – 1.13 mg/kg, No. 6 – 1.07 mg/kg. The most significant indicators were found at plot No. 9 – 2.15 mg/kg, but still they are very far from toxic levels.

Consequently, the studied soils in their physicochemical parameters are favorable for the development of viticulture in this region of Crimea.

Keywords: soil, physicochemical methods, vineyards, trace elements, heavy metals, wine materials, Crimea steppe.

References

1. *The Ecology of the Crimea. Threats to sustainable development. Action plan.* 176. (ARIAL, 2014).
2. *About the State program of development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food for 2013-2020:* Resolution of the Government of the Russian Federation of July 14, 2012 No. 717 [Electronic resource]. –Access: <http://base.garant.ru/70210644>. (Date of application: 23.12.2019).
3. Guguchkina T. I., Yakimenko E. N., Markovsky M. G. Quality of grape raw materials and environmental safety of wine production. *Wine and viticulture.*, **1**, 5 (2009).
4. Egorov E. A., Serpukhovitina K. A., Petrov V. S. *Developments that form the modern image of viticulture.monograph*, 281 (SKZNIISiW, 2015).
5. Matching I. G., Busy A. N. *The Economics of winemaking*, 256 (Tavrída, 2012).
6. *Methodological recommendations for improving diagnostic methods and developing a system for optimizing plant nutrition and managing crop levels and product quality in relation to grapes* / ed. by M. N. Borisenko, 24 (Niviv "Magarach", 2014).
7. Cheremisina S. G. Development of grape and wine production in Crimea : monography, 490 (NNC IAE, 2009).
8. Yalanetsky A. Y., Shmigelskaya N. A., Zagoruiko V. A. A phenolic complex of wine materials from introduced grape clones, "Magarach". *Viticulture and winemaking*, **1**, 26 (2013).
9. Sholts-Kulikov E. P., Karakozova E. V. Formation of high quality grapes for wine production *Grapes and wine of Russia*, **6**, 28 (2000).
10. Skripnikov Y. G. *Production of fruit and berry wines and juices*, 256 (Kolos, 2013).
11. Kishkovsky Z. N., Skurikhin I. M. *Chemistry of wine*, 311 (Food industry, 2016).
12. Mehta J. P., Shreshthamani B. Analysis of the physic-chemical properties of the soil and climatic attribute on vegetation in Central Himalaya, *Nature and Science*, **12** (11), 46 (2014).
13. Vorobyova L. A. *Chemical analysis of soils*, 272 (MSU, 1998).
14. Shmoylova R. A. *General theory of statistics: a textbook*, 480 (Finance and Statistics, 2002).
15. Dragan N. A. *Soil resources of Crimea*, 208 (Dolya, 2004).
16. Perelman A. I., Kasimov N. S. *Geochemistry of landscape*, 768 (Astraea, 2000).
17. Qiao Y. F., Miao S. J., Li Y. X., Zhong X. Chemical composition of soil organic carbon changed by long-term monoculture cropping system in Chinese black soil, *Plant Soil Environ*, **64**, 557 (2018).
18. Nesterenko V. P. Regularities of climate change formation and their forecast on the territory of Crimea, *Scientific Vedomosti: Natural Sciences.*, 239, **36**, 18 (2016).
19. Bitvutsky N. P. *Microelements and plants*, 232 (Publishing house of St. Petersburg., 1999).
20. Kabata-Pendias A., Pendias X. *Microelements in soils and plants*, 439 (Mir, 1989)
21. Alekseenko V. A. *Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soil of residential landscapes: monograph*, 380 (Publishing house of the Southern Federal University, 2013).

УДК 612.062/796.011

ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У СПОРТСМЕНОВ, ТРЕНИРУЮЩИХСЯ ПО СИСТЕМЕ «КРОССФИТ»

Колотилова О. И., Ярмолюк Н. С.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: oyu1978@mail.ru*

Исследованы функциональные показатели спортсменов двух групп, которые тренировались по различным методикам развития силовых качеств. Выявлено, что у спортсменов, которые занимались с использованием системы силовых тренировок – кроссфит, в сравнении со спортсменами, тренирующимися по стандартной методике развития силовых качеств, существенно повышаются показатели деятельности кардио-респираторной и мышечной систем, а также механизмы адаптации организма к различным видам нагрузок, что позитивно влияет на развитие у них силы, мощности, скорости и выносливости. Есть основания полагать, что данная методика развития силовых качеств у волонтеров с использованием системы кроссфит оказалась эффективной и может быть рекомендована специалистам фитнеса в практической деятельности.

Ключевые слова: спортсмены, кроссфит, тренировка, функциональные показатели.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время одним из интересных и популярных направлений в фитнесе является новый вид силового фитнеса «кроссфит». По этой программе тренируется множество профессиональных и элитных атлетов (борцы, велосипедисты, серфингисты, лыжники, теннисисты, триатлонисты и другие), соревнующиеся на высших уровнях [1, 2]. Следует отметить, что кроссфит – это экстремальная система общей физической подготовки, основанная на чередующихся базовых движениях из различных (гиревой спорт, тяжелая атлетика, спортивная гимнастика, легкая атлетика и т.д.) видов спорта [3]. Основной идеей этого вида спорта является функциональная направленность тренировок и, как следствие, максимальное их разнообразие [4–6]. На сегодня достаточно хорошо изучены общие закономерности адаптационных перестроек внешней и внутренней среды организма спортсменов, тренирующихся по системе кроссфит, а относительно показателей функционального состояния респираторной, сердечно-сосудистой и мышечной систем у спортсменов тяжелоатлетов остаются недостаточно освещенными.

А так как ведущее место в системе подготовки спортсменов занимает оценка эффективности тренировочного процесса, что невозможно без анализа информации о функциональном состоянии систем организма, мы считаем, что данное исследование является актуальным и может представлять интерес, как для специалистов в этой области, так и для широкого круга общественности.

Таким образом, целью настоящего исследования явилось изучение динамики функциональных показателей кардио-респираторной и мышечной систем у спортсменов, тренирующихся по системе кроссфит.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 24 юноши, студенты 1–4 курсов Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», занимающихся тяжелой атлетикой. Возраст испытуемых составлял 18–22 года, а вес 85–94 кг.

В рамках исследования спортсменов разбили на 2 группы:

- **экспериментальная** группа после основной части занятия тренировалась с использованием системы функциональных и силовых тренировок кроссфит. При этом силовой блок тренировки каждую неделю корректировался (менялось содержание упражнений и их дозировка)

Примеры тренировок по системе кроссфит:

1. выполнить как можно больше раундов за 20 мин: 5 отжиманий в стойке на руках; 10 подтягиваний; 15 шагов с выпадами.
 2. 4 раунда на время: бег 400 м; 50 приседаний.
 3. 5 раундов на время: 50 приседаний; 100 прыжков со скакалкой.
 4. 5 раундов навремя: 20 подтягиваний; 40 отжиманий; 60 приседаний.
- **контрольная** группа занималась по традиционной методике развития силовых качеств [7].

С целью комплектования контрольной и экспериментальной группы одинакового уровня подготовленности мы использовали тест, разработанный Н. М. Амосовым, который определял уровень тренированности (подготовленности) по пульсу в покое [8]. Также, предварительно было проведено анкетирование контрольной и экспериментальных групп, с целью выявления заинтересованности и готовности к участию в исследовании.

В процессе экспериментального исследования применялись следующие функциональные тесты: кистевая динамометрия, становая динамометрия, рассчитывался коэффициент атлетизма (вес штанги в кг, умножается на количество повторений, полученный тоннаж делится на собственный вес спортсмена), PWC_{170} (степэргометрия), измеряли частоту сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), частоту дыхания (ЧД), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), проводили пробу Штанге, пробу Генче [8, 9].

Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних значений при $p < 0,05$. Расчеты и графическое оформление полученных данных проводились с использованием программы Statistica и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе экспериментального исследования в двух группах тяжелоатлетов были определены исходные уровни силовых способностей, что представлено на рис.1. Из

рисунка видно, что статистически достоверное увеличение развиваемой силы мышцами наблюдалось только у атлетов, занимающихся по системе кроссфит. Так, усредненные показатели кистевой динамометрии возросли в среднем по группе с $59,2 \pm 2,7$ кг до $70,3 \pm 4,3$ кг ($p < 0,05$), а показатели становой динамометрии – с $171,3 \pm 5,3$ кг до $185,1 \pm 2,3$ кг ($p < 0,05$). В контрольной группе прирост развиваемой мышцами силы не достигал статистической значимости. При кистевой динамометрии показатели в среднем по группе возрастали с $56,8 \pm 2,4$ кг до $61,4 \pm 4,8$ кг, а показатели становой динамометрии – с $170,8 \pm 4,3$ кг до $175,4 \pm 2,8$ кг.

Относительно коэффициента атлетизма нами была выявлена положительная динамика, как для экспериментальной, так и для контрольной групп спортсменов. При этом достоверные различия наблюдались лишь в экспериментальной группе, и составили: до – 33,4, после – 40,1 баллов (рис. 1).

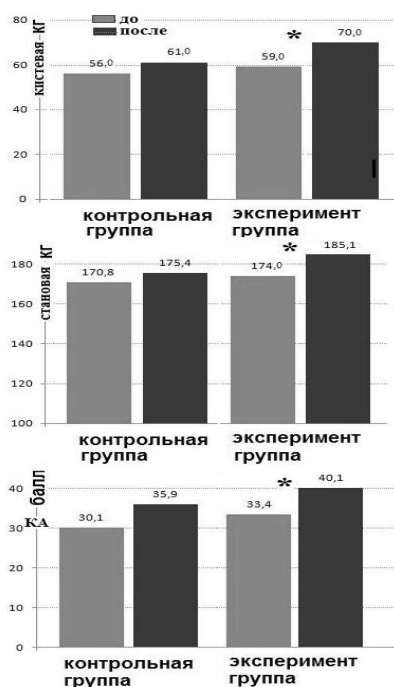


Рис. 1. Динамика функциональных показателей мышечной силы у тяжелоатлетов.

Примечание: звездочками отмечены статистически достоверные различия, при $p \leq 0,05$.

Известно [10], что развитие мышечной силы тесно связано с возникновением в результате тренировок морфологических, биохимических и физиологических изменений как в мышечной системе, так и в организме в целом. Физиологическим фактором, оказывающим влияние на развитие силы мышц является степень мобилизации моторных функциональных единиц в мышцах-агонистах. Чем больше в мышце возбуждается моторных единиц, тем большую силу она развивает. Таким образом, регулярные тренировки в подъеме тяжестей положительно воздействуют на

функциональную подвижность нервно-мышечного аппарата: повышается его возбудимость, уменьшается хронаксия и реобазис, возрастает скорость мышечных сокращений и расслаблений, повышается статическая и динамическая работоспособность, увеличивается ритмическая активность, отмечается высокая лабильность нервно-мышечного аппарата. Иными словами, комплексные тренировки по системе кроссфит способствуют развитию силовых качеств спортсменов и являются мощным средством функционального развития тела для обеспечения максимальной компетентности и реализации адаптивного потенциала организма.

Анализ показателей сердечно-сосудистой системы у спортсменов тяжелоатлетов представлен на рисунке 2, где видно, что в контрольной группе ЧСС в исходном состоянии составила $70 \pm 3,1$ уд/мин, а в экспериментальной группе $73 \pm 2,7$ уд/мин. По окончании исследования («выходной» контроль) эти показатели претерпели изменения. Так, у атлетов экспериментальной группы ЧСС статистически достоверно уменьшалась и составила $64 \pm 2,1$ уд/мин ($p < 0,05$), а в контрольной группе наблюдалась лишь тенденция к ее уменьшению, которая составила $68 \pm 1,4$ уд/мин, то есть была статистически не значима.

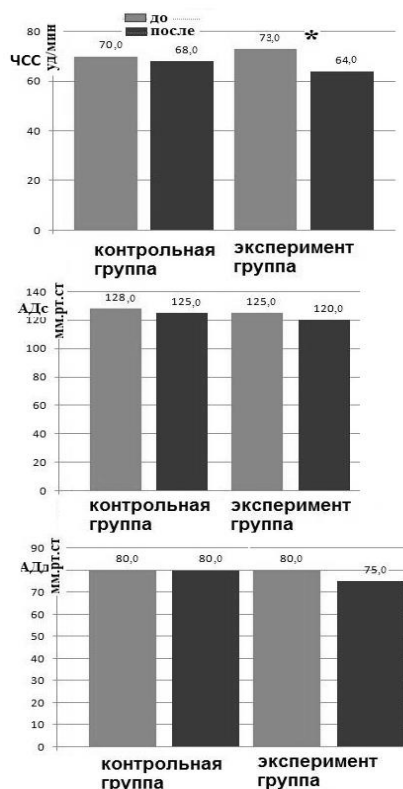


Рис. 2. Динамика функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у тяжелоатлетов.

Примечание: звездочками отмечены статистически достоверные различия, при $p \leq 0,05$.

Что касается показателей артериального давления, то они в обеих исследуемых группах не претерпевали статистически достоверных изменений. Так, усредненные показатели АДс и АДд в экспериментальной группе при входном контроле составили 125/80 мм.рт.ст, после – 120/75 мм.рт.ст, а в контрольной группе: до – 128/80 мм.рт.ст, после – 125/80 мм.рт.ст. Мы склонны полагать, что обнаруженные эффекты связаны с преобладанием аэробных и смешанного типа аэробно-анаэробных нагрузок, применяемых в системе тренировок кроссфит, что приводит к морфо-функциональным и адаптивным изменениям сердца и сосудов (гипертрофия миокарда и функциональная брадикардия), а это, в свою очередь, обуславливает существенно более низкие значения ЧСС, АДс и АДд в покое и при нагрузке у спортсменов. Это согласуется с мнением о том, что развитие брадикардии является одним из признаков тренированности [10], а больший диапазон усиления функции сердца при переходе от состояния мышечного покоя к мышечной деятельности, а также менее высокая величина ритма сердца в покое у спортсменов, говорят об увеличении функциональных возможностей сердца [8, 9].

Поэтому нестандартность и постоянное разнообразие тренировок по программе кроссфит непрерывно «нагружают» физиологические функции и реалистично подготавливают их к различным комбинациям стрессоров, что выражается в более эффективной и экономичной деятельности сердечно-сосудистой системы в целом.

В отдельной серии у тяжелоатлетов с разными видами тренировки, у атлетов экспериментальной и у контрольной групп, были проанализированы показатели функционального состояния респираторной системы («входной» и «выходной» контроль). У них у всех регистрировали показатели, данные которых представлены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3 у экспериментальной группы исходная ЧД в покое в среднем составляла $18,0 \pm 1,2$ вд/мин. При этом показатель ЖЕЛ в покое изменялся в пределах от 4,1 до 5,0 л, и составил в среднем $4,8 \pm 0,9$ л. Однако же показатели в экспериментальной группе претерпевали изменения при «выходном» контроле. Так, показатель ЧД снижался и составил $15 \pm 1,1$ вд/мин, а ЖЕЛ возрастала, но они не достигали уровня статистической значимости.

Анализ данных контрольной группы по тем же критериям, позволил выявить различные флуктуации, которые носили статистически не достоверный характер. Так, показатели ЧД составили: до – $17,9 \pm 0,9$ вд/мин, после – $16,8 \pm 1,3$ вд/мин; показатель ЖЕЛ: до – $4,6 \pm 1,3$ л, после – $5,0 \pm 0,8$ л.

Обнаруженные эффекты снижения ЧД и увеличения ЖЕЛ при тренировках (специфической и стандартной) можно расценивать, как эффект повышения мощности и эффективности (экономичности) системы внешнего дыхания.

Известно [8], что показатель пробы Генчи, характеризует реакцию кардио-респираторной системы на гипоксию. На рисунке 3 мы видим, что этот показатель возрос как в контрольной (до $51,2 \pm 2,1$ с, после $55,7 \pm 2,2$ с) так и в экспериментальной группе, причем в последней статистически достоверно, и составил: до – $52,1 \pm 1,3$ с, после – $60,03 \pm 3,1$ с, при $p \leq 0,05$. Этот факт указывает на повышение функциональных возможностей организма спортсменов-тяжелоатлетов, занимающихся по системе «кроссфит».

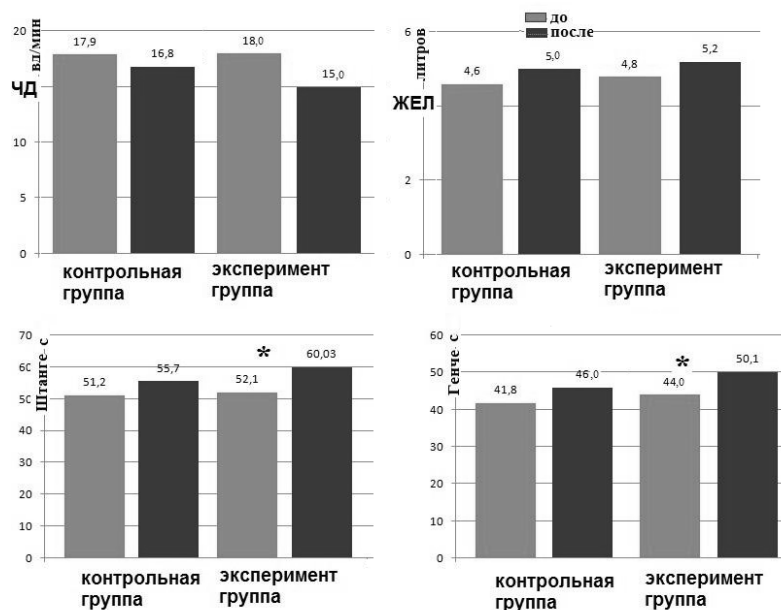


Рис. 3. Динамика функциональных показателей респираторной системы у тяжелоатлетов.

Примечание: звездочками отмечены статистически достоверные различия, при $p \leq 0,05$.

На рисунке 3 также отображена сравнительная характеристика по такому функциональному показателю, как проба Штанге. Считается, что с улучшением физической подготовленности в результате адаптации к двигательной гипоксии время задержки дыхания возрастает. Следовательно, увеличение этого показателя при повторном обследовании расценивается (с учетом других показателей) как улучшение подготовленности (тренированности) спортсмена. В данном случае этот показатель возрастал в обеих группах, а в экспериментальной группе нами выявлен статистически достоверный прирост. Так, в контрольной группе он составил до эксперимента $41,8 \pm 2,4$ с и после $46,7 \pm 2,7$ с, а в экспериментальной – до исследования – $44 \pm 1,2$ с и после – $50,1 \pm 3,4$ с. Это расценивается, как эффект тренированности тяжелоатлетов.

Для выяснения различий по показателю физической работоспособности мы сопоставили данные контрольной и экспериментальной групп, при этом PWC_{170} в контрольной группе до исследования составил $180,0 \pm 3,4$ Вт, а после – $193 \pm 6,1$ Вт (рис. 4). Таким образом, эти данные указывают на то, что сердечно-сосудистая система тяжелоатлетов адаптирована к нагрузкам максимальной интенсивности, при этом на первый план выходят не экономизация кровообращения, а повышение максимальных показателей гемодинамики. Такие особенности незначительно увеличивают показатель PWC_{170} . Это согласуется с данными других авторов [11].

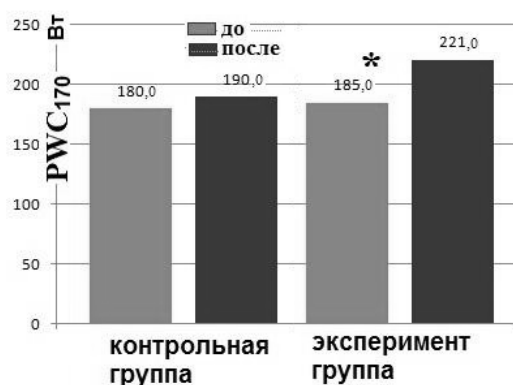


Рис. 4. Динамика функциональных показателей физической работоспособности у тяжелоатлетов.

Примечание: звездочками отмечены статистически достоверные различия, при $p \leq 0,05$.

Показатель PWC_{170} в экспериментальной группе тяжелоатлетов тренирующихся по системе кроссфит составил: до – $185,0 \pm 4,1$ Вт, после – $221 \pm 5,6$ Вт (рис. 4) и был статистически достоверен при $p \leq 0,05$. Данный факт обусловлен повышением эффективности гемодинамики в результате роста систолического объема, дилатации желудочков, повышения сократительной способности миокарда, уменьшения остаточной емкости желудка, увеличения венозного возврата к сердцу, за счет разнонаправленных тренировочных программ с большей долей участия аэробной энергосистемы, что приводит к повышению уровня утилизации кислорода, росту PO_2 и МПК, повышением эффективности и экономичности работы мышц при нагрузке, изменениям в работе сердечно-сосудистой системы и сердечной мышцы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, «кроссфит» – программа, рассчитанная на увеличение функциональных возможностей организма, за счет разнообразной направленности тренировочного процесса. Так, совокупность аэробно-анаэробных тренировок позитивно влияет на развитие физической производительности в комплексе, таких как: сила, мощность, скорость и выносливость. А также оказывает положительное воздействие на исследуемые функциональные показатели, значительно улучшая деятельность сердечно-сосудистой системы и механизм адаптации организма к различным видам нагрузок. Выявленные в исследовании интегративные показатели обусловлены совокупностью функциональных возможностей дыхательной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательной и нервной систем организма и зависят от генетического потенциала, степени тренированности, волевых качеств, параметров обмена веществ каждого спортсмена.

Список литературы

1. Глассман Г. Статьи и журналы кроссфит. / Глассман Г. // Теоретическая основа программ кроссфита. – 2006. – 5 с.
2. Mike Warkentin. Scaling CrossFit Workouts / CrossFit Journal [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://crossfit.com>.
3. Глубокий В.А. Кроссфит в физической подготовке студентов, курсантов, сотрудников СИБЮИ ФСКН России. / Глубокий В.А. // «Инновации и перспективы ФК и С в современном обществе: Материалы III студ. заоч. междунар. научн. конф. – Иркутск: ФГОУ НИ Ир ГТУ. – 2014. – Том 1. – С 40–45.
4. Лебедихина Т. М. Тренировочная система кроссфит / Лебедихина Т. М. Станкевич В. А. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – С. 64–66.
5. Рыбакова Е. О. Повышение физической подготовленности студентов средствами высокоинтенсивного функционального многоборья (кроссфита) / Рыбакова Е. О. // Воспитание и обучение: теория, методика и практика: Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 20 март 2016 г.) / Ред. кол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – С. 438–441.
6. Богачев Е. В. Кроссфит. Руководство по тренировкам / Богачев Е. В., Карягин И. А. – М.: 2013. – 142 с.
7. Дашинорбоева В. Д. Особенности тренировочного процесса / Дашинорбоева В. Д. – Улан-Уде.: ВСГТУ, 2007. – 210 с.
8. Солодков А. С. Общая физиология / Солодков А. С. – СПб.: СПбГАФК им. П. Ф. Лесгафта, 2000. – 216 с.
9. Сапин М. Р. Анатомия и физиология человека. / Сапин М. Р. – М.: Академия, 2002. – 438 с.
10. Коц Я. М. Спортивная физиология. / Коц Я. М. – М.: ФиС, 1987. – 239 с.
11. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / Аулик И. В. – М.: Медицина, 1990. – 147 с.

DYNAMICS OF FUNCTIONAL INDICATORS IN ATHLETES TRAINING IN THE «CROSSFIT» SYSTEM

Kolotilova O. I., Yarmolyuk N. S.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: oxy1978@mail.ru*

Recently, one of the most interesting and popular trends in fitness is a new type of power fitness "crossfit". Many professional and elite athletes (wrestlers, cyclists, surfers, skiers, tennis players, triathletes, etc.), competing at the highest levels, train according to this program [1, 2]. It should be noted that the crossfit is an extreme system of general physical training, based on alternating basic movements of different (kettlebell lifting, weightlifting, gymnastics, athletics, etc.) types of sports [3]. The basic idea of this sport is functional orientation of trainings and, as a consequence, their maximum variety [4–6]. For today the general regularities of adaptive reconstructions of external and internal environment of an organism of sportsmen training on system of crossfit are well enough studied, and concerning indicators of a functional condition of respiratory, cardiovascular

and muscular activity of systems at sportsmen weightlifters remain insufficiently illuminated.

And since the leading place in the system of athletes' training is occupied by the evaluation of the efficiency of the training process, which is impossible without the analysis of information about the functional state of the body's systems, we believe that this study will be relevant and may be of interest to specialists in this field, as well as to the general public.

Thus, the purpose of this study was to study the dynamics of functional indices of cardio-respiratory and muscle systems in athletes training on the system of crossfit.

The study was attended by 24 young men, 1–4-year students of the Tauride Academy of the Vernadsky KFU, engaged in weightlifting. The age of the test subjects was 18–22 years old and weight 85–94 kg.

Functional indices of the sportsmen, two groups of sportsmen, who trained according to different methods of power qualities development, were studied. It has been revealed that athletes who trained using a system of power training – crossfit, in comparison with those who trained using standard methods of developing power qualities, significantly increase the performance indicators of cardio-respiratory and muscular systems, as well as mechanisms of adaptation of the body to different types of loads, which positively affects the development of their strength, power, speed and endurance. There are reasons to believe that this method of developing strength qualities in students using the system of crossfit was effective and can be recommended to fitness specialists in practice.

Keywords: athletes, crossfit, training, functional performance.

References

1. Glassman G. *Articles and magazines crossfit. Theoretical basis of pro-programs of crossfit*, 5 (2006).
2. Mike Warkentin. *Scaling CrossFit Workouts*, CrossFit Journal [Electron resource]. Access mode: <http://crossfit.com>.
3. Glubokiy V. A. *Crossfit in physical training of students, cadets, employees of SIBUI FSKN Russia*, "Innovations and perspectives of FC and C in modern society: Materials of III student correspondence of international scientific conf.", 1 (Irkutsk: FGOU NI GTU, 2014), p. 40.
4. Lebedikhina T. M. Stankevich V. A. *Training system crossfit*, 64 (Ekaterinburg: Ural Federal University, 2013).
5. Rybakova E.O. *Increase of physical preparedness of students by means of the high-intensity functional all-around (crossfit)*, Education and training: theory, methods and practice: Proceedings of VI International Scientific-Practical Conf. (Cheboksary, March 20, 2016), Editorial note: O.N. Shirokov [et al.]. (Cheboksary: CNS "Interactive Plus", 2016) p. 438 (in Russian)
6. Bogachev E. V., Karyagin I. A. *Crossfit. Training manual*, 142 p. (Moscow: 2013).
7. Dashinorboeva V. D. *Features of the training process of Ulan-Ude*, 210 p. (VSTU, 2007).
8. Solodkov A. C. *General Physiology*, 216 p. (St. Petersburg: Lesgaft St. Petersburg State Academy of Physical Culture, 2000).
9. Sapin M. R. *Anatomy and Human Physiology*, 438 p. (Moscow: Academy, 2002).
10. Kots Ya. M. *Sports Physiology*, 239 p. (M.: PHYS, 1987).
11. Aulik I. V. *Determination of physical efficiency in clinic and sport*, 147 p. (M.: Medicine, 1990).

УДК 635.05:581.1+574

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118

СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Кунина В. А., Белоус О. Г.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», Сочи, Россия
E-mail: oksana191962@mail.ru*

В статье представлены результаты исследований эколого-биологических особенностей ряда перспективных в озеленения города древесных культур. Рассмотрены вопросы изменения содержания зеленых пигментов и оценки флуоресценции хлорофилла в листьях. Растения характеризуются разным содержанием зеленых пигментов, что необходимо учитывать при анализе экологического вклада зеленых насаждений в оптимизацию городской среды. Содержание пигментов в листьях в местах наиболее интенсивного движения автотранспорта, ниже по сравнению с растениями, отобранными в зонах условного контроля (НСР ($p \leq 0,05$) = 0,53 – 0,97). В зоне условного контроля (СБСК) количество хлорофилла а по сравнению с хлорофиллом b существенно выше, чем в стрессовых районах (НСР ($p \leq 0,05$) = 0,68). У видов в условиях оживленной транспортной нагрузки стационарный уровень флуоресценции ниже, что свидетельствует о снижении жизнеспособности растений.

Ключевые слова: древесные растения, вечнозеленые, городская среда, хлорофилл, флуоресценция.

ВВЕДЕНИЕ

Особенности жизнедеятельности и экологическая роль древесных растений в городах изучались многими учеными [1–9]. В дендрологическом отношении хорошо изучены и древесные породы Краснодарского региона [10–17]. Однако, важные характеристики растений, отражающие особенности их адаптации к условиям городской среды, изучены не в полной мере и требуют более детального исследования [18–20].

Нарушение физиологических функций растений в условиях городской среды является ответной реакцией организма на комплекс негативных факторов. Это является проблемой не только для самого растения, но и затрудняет их средообразующую деятельность [18, 21, 22]. Использование эколого-физиологических показателей растений в фитомониторинге перспективно, но необходимо учитывать, что эти показатели лабильны и изменяются под влиянием внешних условий, поэтому исследования желательно проводить в режиме скрининга.

Нередко в городской среде наблюдается повышение содержания азота в листьях, что угнетает синтез хлорофилла и неблагоприятно сказывается на фотосинтетической активности растений [23]. Вредители и болезни снижают

фотосинтетическую активность, подавляется синтез углеводов, что обуславливает слабый рост, появление некротических пятен, в результате сокращаются размеры листовых пластинок, происходит потеря листового аппарата [5, 22, 23]. Проникшие в клетку газы сосредотачиваются в хлоропластах, что вызывает их набухание, это снижает синтез хлорофилла, и, как следствие – более раннее старение и отмирание листьев [4, 15].

Обогащение флоры городов края экологически эффективными, устойчивыми и эстетически привлекательными зелёными насаждениями весьма актуально. Изучение ассортимента городских зелёных насаждений (как аборигенных, так и интродуцированных видов) с оценкой их устойчивости к комплексу стресс-факторов городской среды имеют важное научное и практическое значение. Тем более, что в Сочи комплексных исследований эколого-биологических особенностей древесных культур ранее не проводилось.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Несмотря на довольно широкий ассортимент видов древесных растений, основная доля озелененной территории г. Сочи занята всего несколькими видами, восемь из которых, как виды, перспективные в озеленения города, стали объектами наших исследований. Для исследования нами отобраны: *Magnolia grandiflora* L. (магнолия крупноцветковая), *Laurus nobilis* L. (лавр благородный), *Aucuba japonica* Thunb. (аукуба японская), *Prunus laurocerasus* L. (лавровишня лекарственная), *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl (коричник камфорный), *Nerium oleander* L. (олеандр обыкновенный), *Jasminum mesnyi* Hance (жасмин Месни), *Viburnum tinus* L. (калина лавролистная), *Ligustrum lucidum* (бирючина) и *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. (эриоботрия японская). Выбор насаждений проведен с учетом зонирования города: посадки вдоль дорог и парковые зоны.

Местом проведения исследований стали улицы Гагарина (S = 2,4 га) и Курортный проспект (S = 3,7 га), которые выбраны по критерию наибольшей протяженности в городе и интенсивности антропогенной нагрузки (характеризуются значительным автомобильным движением). В качестве зон условного контроля (ЗУК) мы остановили свой выбор на территориях Субтропического Ботанического сада Кубани (СБСК) и парка «Дендрарий» [24]. Территория Субтропического Ботанического сада Кубани является не только ЗУК, но и «фоном», так как здесь отмечается минимальное антропогенное воздействие, более мягкий микроклимат, обеспечиваются необходимые агротехнические мероприятия. Улицы Центрального района города Сочи условно названы «стрессовыми» точками наблюдения, поскольку окружены автомагистралями с постоянно интенсивным движением автомобилей, здесь наблюдается повышенный уровень загазованности и запылённости воздушной среды, отмечается высокий уровень инсоляции и повышенные по сравнению с другими частями города температуры, т.е. они являются «островом тепла».

При исследовании содержания фотосинтетических пигментов использовали спектрофотометрический метод определения содержания хлорофилла с экстракцией пигментов 96 %-м этанолом и использованием расчетных формул Смита и Бенитеза [25]. Оптическую плотность экстрагированных пигментов измеряли на

спектрофотометре ПЭ-5400ВИ, производитель ООО «ЭКРОСХИМ» (Россия) при длине волны для хлорофиллов *a* и *b* – 665 и 649 нм, соответственно, в кюветах с толщиной слоя 10 мм.

Оценка функционального состояния фотосинтетического аппарата велась по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла на портативном хлорофилл-флуориметре LPT-3CF/RT-Df (Россия). Перед измерением проводилась темновая адаптация объектов, для чего листья помещали в условия низкой освещённости (менее 50 Лк) на 15–20 минут [26].

Сбор растительного материала проводился маршрутным методом с отбором срединных ассимилирующих листьев годовых побегов с четырех сторон экспозиции растений. Повторность отбора листьев и физиолого-биохимических анализов трехкратная. Общее количество образцов – 60 штук листьев с повторения.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007. Статистический анализ включал одномерный дисперсионный анализ (метод сравнения средних с использованием дисперсионного анализа, *t*-критерий). Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при $p < 0,05$. Все эксперименты проводили в шестикратной повторности. Различия между повторностями оценивались с помощью непарного *t*-теста. Результаты исследования выражены в виде средней арифметической величины со стандартным отклонением.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение поведения растений в условиях окружающей среды требует наличия адекватных методов оценки протекаемых в растении процессов. Надежным источником информации о состоянии растения является фотосинтетический аппарат и его реакция на стрессовое воздействие.

Решающее значение для оценки возможной активности фотосинтеза листа и растения в целом имеет концентрация фотосинтетических пигментов. Хлорофиллы *a* и *b* представляют собой важнейшие компоненты фотосинтетического аппарата листьев. Их количественное содержание в листьях зависит от состояния и жизнедеятельности организма, его генетической природы, поэтому оно может быть использовано как физиологический показатель, характеризующий онтогенетические, возрастные, генетические и адаптационные особенности растений.

По литературным данным в урбанизированной среде условия места произрастания оказывают значительное влияние на содержание хлорофиллов в листьях древесных растений [6, 7, 21, 23]. Так, наше предварительное исследование суммарного содержания пигментов в листьях *Magnolia grandiflora*, произрастающей в местах наиболее интенсивного движения автотранспорта (ул. Гагарина и Курортный проспект), ниже по сравнению с растениями, отобранными в ЗУК (парк Дендрарий и СБСК) (рис. 1).

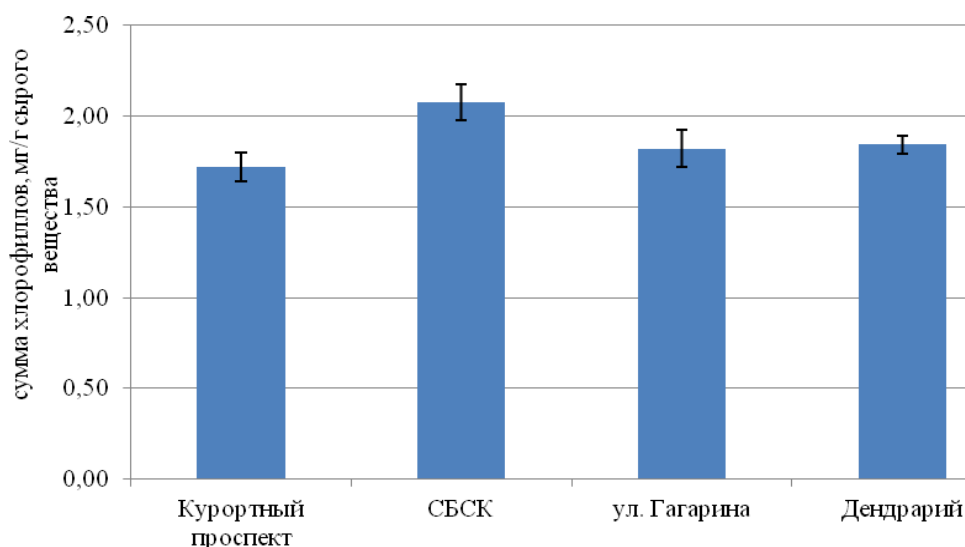


Рис. 1. Содержание хлорофилла в листьях *Magnolia grandiflora* в зависимости от расположения насаждений

Дальнейшие исследования, проведенные на большем количестве пород, показали, что этот процесс справедлив и в отношении остальных исследуемых растений (рис. 2).

Суммарное содержание зеленых пигментов в насаждениях «стрессовой» точки наблюдения (ул. Курортный проспект) существенно (НСР ($p \leq 0,05$) = 0,53 – 0,97 в зависимости от пород) ниже, чем у растений из ЗУК (Субтропический Ботанический сад Кубани).

При этом, изучаемые растения характеризуются и разным содержанием зеленых пигментов, что обусловлено, в данном случае, их генетической особенностью. Так, наибольшее количество хлорофилла содержат листья лавра благородного (2,96 мг/г сырого вещества). Невысокое содержание по сравнению с листьями лавра у растений *Nerium oleander* (1,91 мг/г) и *Magnolia grandiflora* (1,86 мг/г). Наименьшее количество зеленых пигментов в листьях *Viburnum tinus* (1,32 мг/г). Данный факт необходимо учитывать при анализе экологического вклада зеленых насаждений в оптимизацию городской среды.

Лист вечнозеленого растения функционирует в течение круглого года и сохраняется на растении более 12 месяцев, характеризуясь невысокими значениями коэффициента вариации (около 10 %) компонентов пигментного комплекса. По уровню варибельности содержания хлорофилла, изученные виды древесных растений можно расположить в следующий ряд: жасмин Месни > бирючина блестящая и эриботрия японская > лавровишня лекарственная > олеандр обыкновенный > коричник камфорный > лавр благородный и магнолия крупноцветковая > аукуба японская > калина лавролистная.

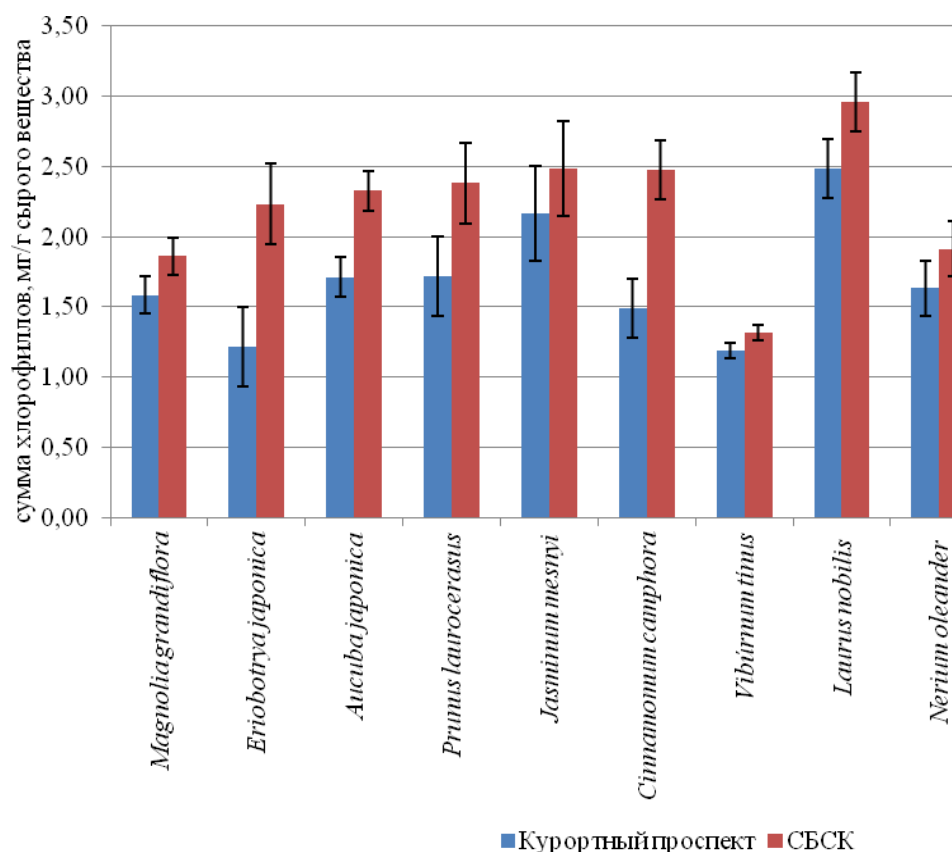


Рис. 2. Суммарное содержание хлорофилла в листьях изучаемых видов древесных растений

Кроме того, важным является не столько суммарное содержание пигментов, сколько их соотношение, так как антропогенные факторы (в основном, автомобильная нагрузка) в различной степени изменяют оптимальное соотношение пигментов, тем самым нарушают работу фотосинтетического аппарата растений [8, 21]. Нами показано, что помимо снижения общей суммы пигментов, происходят и изменения в соотношении хлорофиллов *a* и *b* в листьях (рис. 3). Как видно из рисунка 3, этот показатель в растениях, отобранных в различных районах города различен. В зоне условного контроля (СБСК) количество хлорофилла *a* по сравнению с хлорофиллом *b* выше, чем в стрессовых районах. В основном, мы фиксировали снижение содержания хлорофилла *a*, что предполагает, повышение синтеза хлорофилла *b*, который, компенсируя недостаток основного пигмента, частично берет на себя его функции. В зоне стрессовой нагрузки нарушение соотношения *a/b* носит существенный характер ($НСР (p \leq 0,05) = 0,68$).

СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ ...

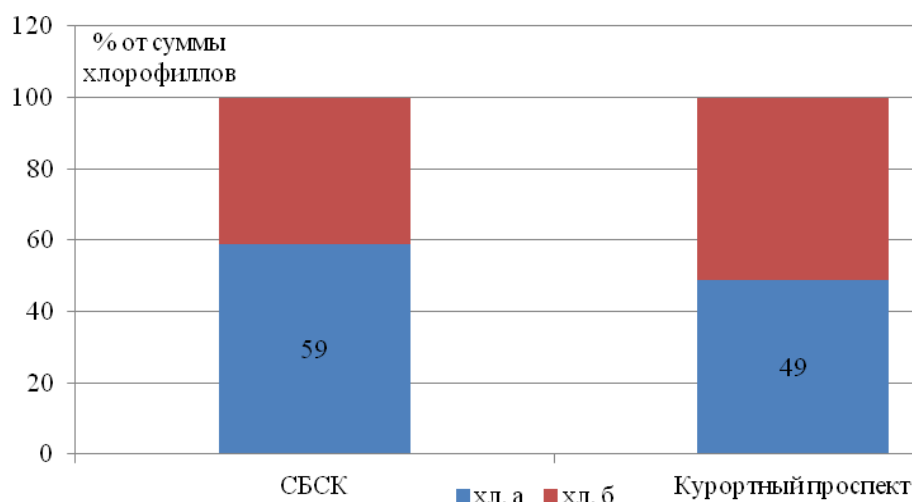


Рис. 3. Содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях изучаемых видов древесных растений (в среднем по породам)

Одним из наиболее информативных методов мониторинга, основанных на измерении биофизических характеристик растений, является анализ флуоресценции хлорофилла (табл. 1). Флуоресценция возбуждается в синей области спектра (470 нм), регистрируется кривая медленной индукции флуоресценции хлорофилла (МИФХ) медленная фаза кривой Каутского и на ее базе определяются параметры фотосинтетического преобразования световой энергии в растительной клетке. Полученные показатели позволяют судить о функциональном состоянии фотосинтезирующих тканей и всего растения в целом.

Исследования флуоресценции дают важную информацию, касающуюся характера активности фактора внешней среды по воздействию на параметры фотосинтеза, применимую не только в целях экологического мониторинга, но и при оценке устойчивости растений [26]. Метод показывает быструю реакцию фотосинтетического аппарата на действие факторов среды, в том числе – на условия культивирования в городе. Не случайно, изучая эколого-физиологические характеристики древесных растений и их средообразующую роль, мы оценивали и основные параметры флуоресценции, как показателя, косвенно связанного с ассимиляционной деятельностью.

Нами оценивался стационарный уровень флуоресценции (F_T), уровень жизнеспособности (F_m/F_T), показатель фотосинтетической активности по алгоритму экстраполяции (Kf_T), показатель фотосинтетической активности, рассчитанный в каждый текущий момент измерений (Kf_n).

Таблица 1

Параметры медленной индукции хлорофилла, (M±m)

Виды	F_T		Fm/F_T		Kf_n	
	Курортный проспект	СБСК	Курортный проспект	СБСК	Курортный проспект	СБСК
<i>M. grandiflora</i>	87,0±2,1	62,4±5,4	1,9±0,1	2,7±0,5	0,3±0,01	0,4±0,03
<i>L. nobilis</i>	48,5±3,2	37,2±3,8	3,0±0,2	3,6±0,5	0,5±0,01	0,5±0,04
<i>A. japonica</i>	72,2±4,5	60,6±8,1	2,4±0,3	2,8±0,2	0,4±0,04	0,4±0,02
<i>P. laurocerasus</i>	59,3±5,6	59,0±2,3	2,7±0,3	2,8±0,3	0,4±0,03	0,4±0,04
<i>C. camphora</i>	72,5±4,1	48,7±7,6	1,9±0,1	2,9±0,3	0,4±0,01	0,5±0,03
<i>N. oleander</i>	83,2±1,9	55,2±4,2	3,1±0,2	3,4±0,2	0,5±0,01	0,5±0,01
<i>J. mesnyi</i>	51,4±1,9	42,0±5,6	3,1±0,1	3,3±0,5	0,5±0,01	0,5±0,04
<i>E. japonica</i>	81,3±2,5	62,1±5,5	2,7±0,2	3,4±0,5	0,4±0,02	0,5±0,03
HCP ($p \leq 0,05$)	19,86		0,16		NS	

Уровень жизнеспособности (Fm/F_T) можно рассматривать как меру потенциальной активности фотосинтеза. Если величины Fm/F_T около 2,5 единиц или выше указывают на высокую активность фотосинтеза, то значения ниже 1,0 позволяют предположить, что процесс ассимиляции CO₂ подавлен [26].

Исследования показали, что изучаемые нами виды отличаются по параметрам медленной индукции хлорофилла (табл. 1). Наибольшей фотосинтетической активностью отличаются растения *L. nobilis*, *N. oleander*, *J. mesnyi*, *C. camphora* и *E. japonica*. У видов, культивируемых в условиях оживленной транспортной нагрузки (Курортный проспект) стационарный уровень флуоресценции ниже, что свидетельствует о некотором снижении жизнеспособности растений. И как видно из таблицы 1, уровень жизнеспособности таких культур, как *M. grandiflora* и *C. camphora* характеризуются величиной Fm/F_T в пределах 1,9 единиц, что значительно ниже, даже по сравнению с остальными породами, произрастающими в «стрессовой» точке наблюдения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлено, что изучаемые растения характеризуются разным содержанием зеленых пигментов, что обусловлено их генетической особенностью. Данный факт необходимо учитывать при анализе экологического вклада зеленых насаждений в оптимизацию городской среды.

Суммарное содержание зеленых пигментов в насаждениях «стрессовой» точки наблюдения существенно (HCP ($p \leq 0,05$) = 0,53 – 0,97) ниже, чем у растений из зон условного контроля.

По уровню варибельности суммарного количества хлорофилла, изученные виды древесных растений располагаются в следующем порядке: жасмин Месни > бирючина блестящая и эриоботрия японская > лавровишня лекарственная > олеандр

обыкновенный > коричник камфорный > лавр благородный и магнолия крупноцветковая > аукуба японская > калина лавролиственная.

В зоне условного контроля (СБСК) количество хлорофилла *a* по сравнению с хлорофиллом *b* существенно выше, чем в стрессовых районах (НСР ($p \leq 0,05$) = 0,68).

Изучаемые нами виды отличаются по параметрам медленной индукции хлорофилла, при этом, в условиях оживленной транспортной нагрузки (Курортный проспект) наблюдается снижение стационарного уровня флуоресценции, что свидетельствует о низкой жизнеспособности растений.

Список литературы

1. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда / Ю. З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 125 с.
2. Тарабрин В. П. Использование зеленых насаждений для оптимизации среды в зоне загрязнения предприятий черной металлургии / В. П. Тарабрин, Л. В. Чернышова, Р. И. Пельтихина // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. – Свердловск: УрГУ, 1984. – С. 101–106.
3. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.
4. Сергейчик С. А. Газопоглотительная способность растений и аккумуляция в них элементов промышленных загрязнений / С. А. Сергейчик // Оптимизация окружающей среды средствами озеленения. – Минск: Наука и техника. 1985. – С. 68–75
5. Горышина Т. К. Растение в городе / Т. К. Горышина. – Л.: ЛГУ, 1991. – 152 с.
6. Неверова О. А. Особенности изменений некоторых физиолого-биохимических и биофизических показателей у древесных растений в условиях промышленного города / О. А. Неверова // Материалы всеросс. науч.-практ. конф. «Современные проблемы аграрной науки и пути их решения». – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – С. 220–222.
7. Айдосова С. С. Морфо-анатомическая структура и адаптационные признаки растений в условиях техногенного загрязнения / С. С. Айдосова, Н. З. Ахтаева // Материалы конференции СГУ им. Шакарима. – Семипалатинск, 2006. – С. 108–113.
8. Бухарина И. Л. Городские насаждения: экологический аспект: монография / И. Л. Бухарина, А. Н. Журавлева, О. Г. Большова – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. – 206 с.
9. Кавеленова Л. М. Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи / Л. М. Кавеленова. – Самара: «Универс групп», 2006. – 222 с.
10. Леонова Ю. М. Основные факторы антропогенной трансформации растительности в зоне влияния промышленных предприятий г. Павлодара : автореф...канд. биол. наук. / Ю. М. Леонова – Алматы, 2010. – 22 с.
11. Боровиков В. М. Деревья и кустарники сочинского дендрария / В. М. Боровиков, А. Л. Коркешко – Сочи, 1954. – 168 с.
12. Карпун Ю. Н. Декоративные древесные и многолетние травянистые растения Сочи. Рекомендации по породному и сортовому составу / Ю. Н. Карпун, А. А. Коркешко, В. И. Коробов, Г. А. Солтани, Т. В. Евсюкова, С. М. Лепилов – Сочи: ВНИИЦиСК, 2011. – 150 с.
13. Карпун Ю. Н. Особенности породного состава декоративных древесных растений, массово распространённых в районе Сочи / Ю. Н. Карпун, В. А. Кунина // Садоводство и виноградарство. – 2014. – №5. – С. 43–48
14. Карпун Ю. Н. Проблемы городского озеленения Сочи / Ю. Н. Карпун, М. В. Кувайцев, В. А. Кунина. – Сочи: СБСК-ВНИИЦиСК, 2016. – 88 с. – ISBN: 978-5-91789-220-7
15. Шеньшина Д. В. Проблемы газоустойчивости растений и методы ее диагностики / Д. В. Шеньшина, О. Г. Белоус // IV Международная молодежная научно-практическая конференция «Проблемы, инновационные подходы и перспективы развития индустрии туризма». – Сочи: СГУТиКД. – 2004. – Т.2. – С. 41–43. – ISBN:5-88702-163-2

16. Белоус О. Г. Растения в городе зимней олимпиады: экологический взгляд на проблему / О. Г. Белоус // Научно-практический ежегодник (сборник статей) «Вестник-2013». – Сочи: ИИЦ СИМБиП, 2013. – С. 201–204.
17. Зюзина Ю. И. Изменение структурной организации и ферментативной активности листьев лавра благородного (*Laurus nobilis* L.) в связи с поражением мягкой ложнощитовкой (*Coccus hesperidum*) / Ю. И. Зюзина, О. Г. Белоус // Сб.тр. Сухумского ботсада «165-летие Сухумского ботанического сада и 110-летие Сухумского субтропич. дендропарка». – Сухуми, Абхазия. – 2006 – С. 203–205.
18. Белоус О. Г. Оценка физиолого-экологического состояния растений олеандра / Белоус О. Г., Белоус А. А. // Сб.тр. Сухумского ботсада «165-летие Сухумского ботанического сада и 110-летие Сухумского субтропич. дендропарка». – Сухуми, Абхазия. – 2006. – С. 38–40.
19. Белоус О.Г. Особенности видов и сортов рододендрона в субтропиках России/ Белоус О.Г., Локтева Н.А.//Материали за VII международна научна практична конференция «Найновите постижения на европейската наука – 2011». – Том 32. – Ветеринарна наука. Биологии. – София «Бял ГРАД-БГ» ООД. – 2011. – С. 17–19.
20. Грязев В. А. Роль вертикального озеленения в экологии города-курорта Сочи / В. А. Грязев, В. П. Ткаченко, В. К. Козин, О. Г. Белоус, Г. А. Солтани, Ц. В. Тутберидзе, П. В. Борисов, Н. В. Пшеничный. – Сочи, Краснодар: Просвещение-Юг, 2015, – 109 с.
21. Максимова Е. В. Влияние антропогенных факторов химической природы на некоторые эколого-биохимические характеристики растений/ Е. В. Максимова, А. А. Косицына, О. Н. Макурина // Вестник СамГУ – Естественные науки. – 2007. – №8(58). – С. 146–152
22. Белоус О. Г. Действие антропогенного фактора на состояние растений / Белоус О. Г., Андреянченко М. В., Сеферян А. С., Косачева П. А. // Сб.тр. Сухумского ботсада «165-летие Сухумского ботанического сада и 110-летие Сухумского субтропич. дендропарка». – Сухуми, Абхазия. – 2006. – С. 14–16.
23. Веретенников А. В. Фотосинтез древесных растений / А. В. Веретенников. – Воронеж: ВГУ, 1980. – 76 с.
24. Краснощекова Н. С. Эколого-экономическая эффективность зеленых насаждений: Обзорная информация / Краснощекова Н. С. – М.: ЦЕНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1987. – 44 с.
25. Шлык А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. В кн.: Биохимические методы в физиологии растений / Шлык А. А. – М: Наука, 1971. – С. 154–170.
26. Будаговская О. Н. Комплексная диагностика функционального состояния растений / О. Н. Будаговская, А. В. Будаговский, И. А. Будаговский, С. А. Гончаров // Научные основы эффективного садоводства: Труды ВНИИС им.И.В.Мичурина. – Воронеж: Кварта, 2006. – С. 101–110.

STATE OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS LEAVES OF WOODY PLANTS IN AN URBAN ENVIRONMENT

Kunina V. A., Belous O. G.

***Federal State Budgetary Scientific Institution «Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops», Sochi, Russian Federation
E-mail: oksana191962@mail.ru***

Enriching the flora of the region's cities with environmentally effective, sustainable and aesthetically attractive green spaces is very important. The study of urban green spaces (both native and introduced species) with an assessment of their resistance to the complex of stress factors of the urban environment is of important scientific and practical importance. Moreover, in Sochi, comprehensive studies of ecological and biological features of tree crops have not been conducted before. The article presents the results of

research on the ecological and biological features of a number of promising tree crops in urban greening. The issues of changing the content of green pigments and evaluating the chlorophyll fluorescence in leaves are considered. Eight species that are most used in urban landscaping as research objects have been selected. Streets with the greatest length and intensity of anthropogenic factor (characterized by significant automobile traffic) as «stressful» observation points were chosen. Kuban Subtropical Botanical garden (KSBG) and the park «Dendrarium» are zones of conditional control territories. It is shown that plants are characterized by different content of green pigments. This fact should be taken into account when analyzing the ecological contribution of green spaces to the optimization of the urban environment. According to the level of variability in the content of chlorophyll, the studied species of woody plants can be placed in the following row: *Jasminum mesnyi* > *Ligustrum lucidum* and *Eriobotrya japonica* > *Prunus laurocerasus* > *Nerium oleander* > *Cinnamomum camphora* > *Laurus nobilis* and *Magnolia grandiflora* > *Aucuba japonica* > *Viburnum tinus*. It was found that the content of pigments in leaves in areas of the most intensive traffic is significantly lower (LSD ($p \leq 0.05$) = 0.53 – 0.97 depending on the breed) compared to plants selected in the zones of conditional control. It is shown that total content of pigments not`s important, as their ratio In the zone of conditional control (ZCC), the amount of chlorophyll a in comparison with chlorophyll b is significantly higher (LSD ($p \leq 0.05$) = 0.68) than in the «stress» observation points. The stationary fluorescence level (F_T), the viability level (F_m/F_T), the photosynthetic activity index using the extrapolation algorithm (Kf_T), and the photosynthetic activity index calculated at each current measurement point (Kf_n) were evaluated. It was revealed that *L. nobilis*, *N. oleander*, *J. mesnyi*, *C. camphora*, and *E. japonica* are plants with the highest photosynthetic activity. In species with a busy transport load, the stationary level of fluorescence is lower, which indicates a decrease in plant viability.

Keywords: woody plants, evergreen, urban environment, chlorophyll, fluorescence.

References

1. Kulagin Y. Z. *Woody plants and industrial environment*, 125 (Moscow: Nauka, 1974).
2. Tarabrin V. P., Chernyshova L. V., Peltikhina R. I. Use of green spaces for optimization of the environment in the zone of pollution of ferrous metallurgy enterprises, *Abstract of conference "Plants and industrial environment"* (Sverdlovsk: The Ural State University, 1984), p. 101
3. Nikolaevsky V. S. *Biological bases of gas resistance of plants*, 280 (Novosibirsk: Nauka, 1979).
4. Sergeychik S. A. Gas-absorbing capacity of plants and accumulation of elements of industrial pollution in them. *Optimization of the environment by means of gardening*, (Minsk: Science and technology, 1985), p. 68.
5. Goryshina T. K. *Plant in the city*, 152 (L.: Leningrad state University, 1991).
6. Neverova O. A. Features of changes in some physiological, biochemical and biophysical parameters in woody plants in conditions of an industrial city, *Abstract of All-Russian science conference "Modern problems of agricultural science and ways to solve them"* (Izhevsk: FGOU VPO Izhevsk state agricultural Academy, 2005), p. 220.
7. Aydosova S. S., Akhtayeva N. Z. Morphological-and-anatomical structure and adaptive features of plants in conditions of technogenic pollution, *Abstract of Conference of SGU names as Shakarima* (Semipalatinsk, 2006), p. 108.
8. Bukharina I. L., Zhuravleva A. N., Bolyshova O. G. *Urban plantings: ecological aspect*, 206 (Izhevsk: Udmurt University, 2012).

9. Kavelenova L. M. *Problems of organization of the system of phytomonitoring of the urban environment in the conditions of forest-steppe*, 222 (Samara: "Univers group", 2006).
10. Leonova Yu. M. Main factors of anthropogenic transformation of vegetation in the zone of influence of industrial enterprises in Pavlodar, *Thesis of diss. cand. science* (Almaty, 2006), p. 116.
11. Borovikov V. M., Korkeshko A. L. *Trees and shrubs of the Sochi arboretum*, 168 (Sochi, 1954)
12. Karpun Yu. N., Korkeshko A. A., Korobov V. I., Soltani G. A., Evsyukova T. V., Lepilov S. M. *Decorative woody and perennial herbaceous plants of Sochi. Recommendations for breed and varietal composition*, 150 (Sochi: RNSIFSG, 2011).
13. Karpun Yu. N., Kunina V. A. Features of the breed composition of decorative woody plants that are widely distributed in the Sochi area, *Horticulture and viticulture*, **5**, 43 (2014).
14. Karpun Yu. N., Kuvaytsev V. M., Kunina V. A. *Problems of urban greening Sochi*, 88 (Sochi: SBGK-RNSIFSG, 2016).
15. Shenshina D. V., Belous O. G. Problems of gas resistance of plants and methods of its diagnostics, *Abstract of International scientific and practical conference "Problems, innovative approaches and prospects of development of the tourism industry"*, **2**, 41 (Sochi, 2004).
16. Belous O. G. Plants in the city of the winter Olympics: an ecological view of the problem, *Abstract of conference "Vestnik-2013"* (Sochi: IIC Simbip, 2013), p. 201.
17. Zyuzina Yu. I., Belous O. G. Change in the structural organization and enzymatic activity of the leaves of the noble Laurel (*Laurus nobilis* L.) in connection with the lesion of soft false leaf (*Coccus hesperidum*), *Abstract of International conference "165th anniversary of the Sukhumi Botanical garden and the 110th anniversary of the Sukhumi subtropical. dendropark's"*, (Sukhumi, Abkhazia, 2006), p. 203.
18. Belous O. G., Belous A. A. Assessment of the physiological and ecological state of oleander plants *Abstract of International conference "165th anniversary of the Sukhumi Botanical garden and the 110th anniversary of the Sukhumi subtropical. dendropark's"*, (Sukhumi, Abkhazia, 2006), p. 38
19. Belous O. G., Lokteva N. A. Features of species and varieties of rhododendron in subtropics of Russia, *Abstract of VII international scientific practical conference "Nainovite postizheniyana evropeyskata Nauka -2011"*, (Sofia "Bjal GRAD-BG" OOD, 2011), p. 17.
20. Gryazev V. A., Tkachenko V. P., Kozin V. K., Belous O. G., Soltani G. A., Tutberidze Ts. V., Borisov P. V., Pshenichny N. V. *Role of vertical gardening in the ecology of the resort city of Sochi*, 109, (Sochi, Krasnodar: Enlightenment-South, 2015).
21. Maksimova E. V., Kositsyna A. A., Makurina O. N. Influence of anthropogenic factors of chemical nature on some ecological and biochemical characteristics of plants, *Vestnik SamGU-Natural Sciences*, **8(58)**, 146 (2007).
22. Belous O. G., Andreyanchenko M. V., Seferyan A. S., Kosacheva P. A. Effect of an anthropogenic factor on the state of plants, *Abstract of International conference "165th anniversary of the Sukhumi Botanical garden and the 110th anniversary of the Sukhumi subtropical. dendropark's"*, (Sukhumi, Abkhazia, 2006), p. 14.
23. Veretennikov A. V. *Photosynthesis of woody plants*, 76 (Voronezh: Voronezh state University, 1980).
24. Krasnoshchekova N. S. *Ecological and economic efficiency of green spaces*, 44 (M.: CENTI of the Ministry of agriculture of the RSFSR, 1987).
25. Shlyk A. A. *Determination of chlorophyll and carotenoids in green leaf extracts. In: Biochemical methods in plant physiology*, 154 (M: Nauka, 1971)
26. Budagovskaya O. N., Budagovsky A. V., Budagovsky I. A., Goncharov S. A. Complex diagnostics of the functional state of plants. In: *Scientific bases of effective gardening. Proceedings of VNIIS. I. V. Michurin*, 101 (Voronezh: Kvarta, 2006).

УДК 612.82+612.017.2

ЭФФЕКТИВНАЯ АДАПТАЦИЯ К СТРЕССОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ: РОЛЬ АКТИВАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ И ТИПОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Лисова Н. А.¹, Лукьянова А. А.², Курко В. И.^{1,2}

¹*ФГБОУ ВО КГПУ им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия*

²*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика*

М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

E-mail: nadia.krs@yandex.ru

В статье представлено исследование вегетативного и церебрального энергообеспечения адаптационных реакций в ходе проведения сеанса игрового биоуправления как модели психоэмоциональной нагрузки у здоровых лиц 18–21 года. Испытуемые были разделены на 2 группы по степени эффективности прохождения тренинга: с высокой и низкой эффективностью адаптации к нагрузке. Для двух групп проведен сравнительный анализ функционального состояния по показателям вариабельности сердечного ритма и омега-потенциала головного мозга. Обнаружены существенные отличия в характере активационных механизмов и вегетативного обеспечения у лиц с разным уровнем успешности адаптации. Показано, что уровень активации коры головного мозга, межполушарная асимметрия, скорость зрительно-моторной реакции, вагосимпатический баланс и характеристики темперамента могут выступать предикторами эффективной адаптации к стрессогенной нагрузке.

Ключевые слова: темперамент, адаптационные реакции, стресс-нагрузка, омега-потенциал, активационные механизмы.

ВВЕДЕНИЕ

Успешность любой деятельности человека во многом определяется его способностью адаптироваться к условиям окружающей действительности, гибко изменяя свое поведение и эмоциональные реакции в соответствии с требованиями среды. Исследователями подчеркивается особое место пока еще малоизученного аспекта индивидуальных различий в физиологическом реагировании на условия повышенного эмоционального напряжения и их влияния на успешность деятельности человека [1, 2].

Известно, что адекватный уровень адаптации достигается только при достаточном адаптационном потенциале организма, который зависит как от имеющихся функциональных резервов, так и от экономичности их расходования т. е. от эффективности работы регуляторных систем [3, 4].

Функциональные изменения, происходящие в организме человека при нервно-психическом напряжении, обусловлены изменениями в центральной нервной системе (ЦНС). Уровень функционирования ЦНС представляет собой прогностический показатель, определяющий в значительной степени поведение организма и его возможности в процессе деятельности [5].

Считается, что одним из базисных параметров функционального состояния головного мозга, и его корковых отделов в частности, является величина устойчивого потенциала милливольтного диапазона (омега-потенциала), которая характеризует уровень активации исследуемых зон [6–8].

В соответствии с современными представлениями, свойства темперамента зависят от функциональных особенностей коры и подкорковых образований головного мозга, определяющих уровень бодрствования, реактивности, протекания когнитивных и эмоциональных процессов [9, 10].

Несмотря на то, что механизмы адаптационных реакций неспецифичны и стереотипны, итог адаптации для разных людей может значительно отличаться, поскольку характер реакции на одно и то же воздействие определяется индивидуальными особенностями нервной системы, функционального и психоэмоционального состояния каждого отдельно взятого человека, его адаптационными возможностями и ресурсами.

Одно из самых актуальных направлений современных физиологических исследований касается поиска взаимосвязей темперамента и индивидуального здоровья, стрессоустойчивости и адаптации [11, 12].

Вопрос эффективной адаптации к стрессовым факторам наиболее важен для молодежи, особенно девушек, в связи с наиболее высоким уровнем напряжения регуляторных механизмов при учебной и трудовой деятельности, длительным воздействием информационных и физических перегрузок, неблагоприятным влиянием факторов окружающей среды [13, 14].

Анализ литературы по данной проблеме показал, что к настоящему времени не до конца ясна роль типологических свойств темперамента, функционального состояния ЦНС и механизмы их участия в физиологической реактивности при психоэмоциональных стресс-воздействиях [15, 16].

В связи с вышесказанным, **целью исследования** стал сравнительный анализ и оценка эффективности адаптационных реакции в условиях стресс-нагрузки у лиц юношеского возраста в зависимости от типа темперамента, нейровегетативной регуляции сердечного ритма и уровня активации коры головного мозга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В обследовании участвовало 100 обучающихся женского пола из числа студентов 2–4 курсов гуманитарных специальностей в возрасте от 18 до 21 года. Исследование проводилось с информированного согласия участников и вне менструальной фазы цикла.

Определение типа темперамента проводилось с использованием тест-опросника DOTS (Dimensions of Temperament Survey) в модификации Ю. И. Савченкова, Е. Ю. Петросян [17] с выделением 3-х типов темперамента по индексу выраженности поведенческих проявлений (ИВПП), получаемому из суммы значений общей активности, чувствительности, интенсивности и настроения. Выделялось 3 типа темперамента: 1) низкоактивный «спокойный» (Сп); 2) среднеактивный «адекватный» (Ад); 3) высокоактивный «интенсивный» (Ин).

Определение уровней активации и функционального состояния корковых отделов головного мозга осуществлялось путем регистрации устойчивого омега-потенциала (ОП, мВ) в проекциях лобной коры головного мозга. Учитывались значения для левого полушария (К1) и правого полушария (К2), величина межполушарной асимметрии. Выделялось четыре уровня активации (УА): I уровень (низкий) – величина ОП от 0 до 20 мВ, II уровень (нормальный) – ОП от 20 до 40 мВ, III уровень (высокий) – ОП от 40 мВ до 60 мВ, IV уровень выделялся при асимметричной активации полушарий, когда значения ОП находились в пределах разных уровней.

Фиксировались параметры variability сердечного ритма: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), индекс напряжения регуляторных систем (ИН, у.е.), общая мощность спектра (ТР), мощность очень низкочастотных колебаний спектра (VLF, мс²); баланс симпатических и парасимпатических влияний на сердечный ритм (LF/HF, у.е.).

В качестве модели психоэмоциональной стресс-нагрузки и для оценки успешности адаптации и саморегуляции в условиях неопределенности использован аппаратно-программный комплекс игрового биоуправления «БОС-пульс профессиональный». Испытание проводилось с применением сюжета «Ралли» в течение 30 минут. На протяжении 4 попыток испытуемым необходимо было удерживать ЧСС на уровне ниже начальных значений и как можно быстрее реагировать на зрительные стимулы на экране компьютера, чтобы выиграть в автогонках. Специфика сюжета, позволяет использовать его для диагностики оптимальности распределения ресурсов организма в условиях неопределенности и повышенного эмоционального напряжения [18].

Все измеряемые параметры фиксировались до проведения теста, в период нагрузки и после 5 минут отдыха. Дополнительно к основным параметрам измерялось время реакции на зрительный стимул (RT, мс).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного пакета «Statistica 10.0». Достоверность различий между группами определялась с помощью критериев Манна-Уитни, Фишера. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве критерия успешности адаптации к стрессовым условиям выступала способность испытуемого контролировать частоту сердечных сокращений в ходе четырех тестовых попыток игрового биоуправления. По результатам исследования все тестируемые были разделены на две группы по степени эффективности адаптации:

1 группа «успешные»: частота сердечных сокращений уменьшилась по результатам четвертой тестовой попытки по сравнению с первой попыткой, либо изменения были незначительными (в пределах $\pm 5\%$ от фоновых значений).

2 группа «неуспешные»: положительный прирост ЧСС в четвертой попытке по сравнению с первой (более 10 %).

Анализ распределения по уровням активации показал, что наибольшей эффективности саморегуляции достигли лица с нормальным уровнем активации со значениями омега-потенциала в границах 20–40 мВ.

У лиц с гиперактивацией и асимметричной активацией в ходе исследования, отмечен самый резкий прирост ЧСС по сравнению с первой попыткой ($p=0,002$). Лица с низким уровнем активационных влияний характеризовались умеренным приростом ЧСС при значимо меньшем среднем значении пульса в сравнении с остальными уровнями активации ($p<0,001$).

До начала испытания отличия между группами наблюдалось в процентном соотношении испытуемых с оптимальной ($p<0,05$) и асимметричной активацией ($p<0,01$). В группе «успешных» количество лиц с II уровнем активации постепенно увеличивалось к концу испытания, в то время как доля неоптимальных уровней снижалась. Во второй группе имела место обратная тенденция: уменьшалось количество лиц с оптимальным функционированием ЦНС и увеличивалась доля с гипоактивацией и асимметричным уровнем.

Как видно из рисунка 1, имелись существенные различия в характере динамики омега-потенциала в ответ на эмоциональную нагрузку между группой 1 и группой 2.

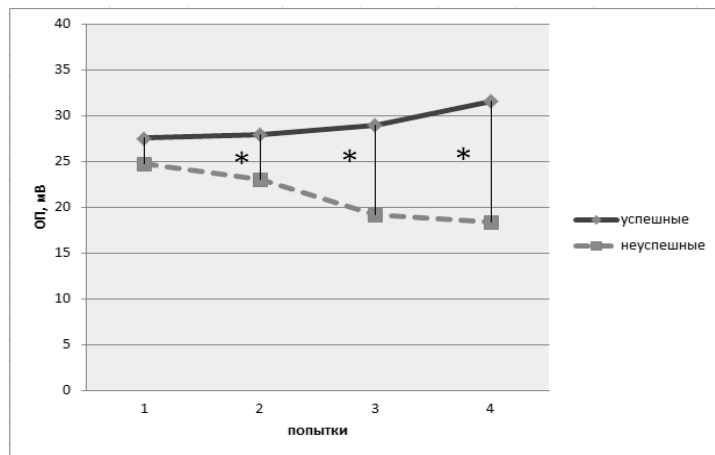


Рис. 1. Динамика омега-потенциала в группах с разной успешностью адаптации
Примечание: * – достоверность отличия по критерию Манна-Уитни при $p<0,05$

Динамика у лиц с низким уровнем саморегуляции характеризовалась депрессией уровня омега-потенциала, в то время, как в группе с высокой успешностью наблюдался прирост показателя ОП в среднем на 37 % по сравнению с начальным уровнем, что отражает усиление активационных влияний и большей функциональной включенности корковых представительств [19].

Распределение по уровню успешности в выделенных группах темперамента оказалось неравномерно (рис. 2): наиболее выраженные отличия в процентном соотношении числа лиц с высокой и низкой успешностью отмечались между высокоактивными и среднеактивными участниками исследования ($\varphi^*_{эмп}=2,012$,

$p=0,048$). Наибольший процент испытуемых, успешно справившихся с контролем функционального состояния был среди «адекватных» (63,8 %). Наименее успешны оказались «интенсивные» (25,8 %) лица.

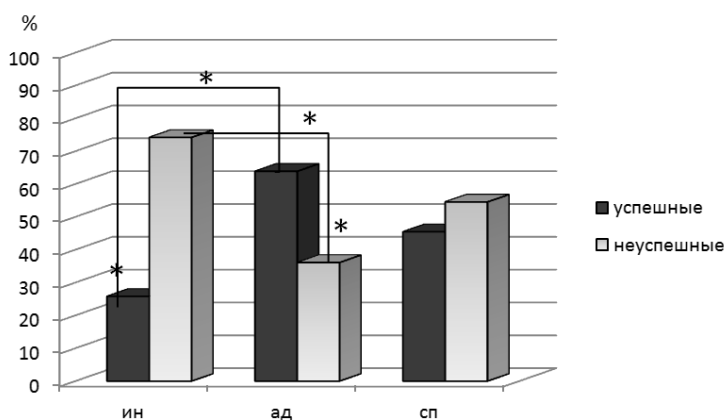


Рис. 2. Распределение «успешных» и «неуспешных» среди представителей типов темперамента

Примечание: * – достоверность отличия по критерию Фишера при $p < 0,05$

Сравнительный анализ по показателям сердечного ритма и скорости сенсомоторного реагирования (табл. 1) показал значимое отличие между группой 1 и 2.

Таблица 1

Физиологические показатели у лиц с различным уровнем успешности тренинга биоуправления

Показатель	Успешность адаптации		Достоверность различий (Z / p)
	Высокая (n=41)	Низкая (n=59)	
ОП левого полушария, мВ	31,62 ± 2,29	19,21 ± 1,42	2,28962 / 0,0164*
ОП правого полушария, мВ	25,92 ± 1,53	31,27 ± 2,75	3,12354 / 0,00541*
ЧСС, уд./мин.	74,19±1,25	79,46±1,33	2,21792 / 0,0265*
ИН, у. е.	118,20±12,32	120,47±15,02	-0,45612 / 0,6483
ТР, мс ²	4796,20±362,12	3652,23±356,21	1,78473 / 0,0731
LF/HF, у. е.	0,94±0,01	1,23±0,09	1,99173 / 0,0465*
VLF, мс ²	1405,05±170	737,00±98,63	2,25647/0,02136*
ИВПП, у.е.	69,50±1,59	75,16±1,57	-2,28962/0,01644*
RT, мс	594,47±39,21	503,93±25,38	2,15882 / 0,03064*

Примечание: * – достоверность различий определена по критерию Манна-Уитни

Частота сердечных сокращений и показатель вагосимпатического баланса оказались значимо меньше у «успешных», в то время как скорость реакции выше у «неуспешных», что возможно объясняется различием в исходном функциональном состоянии, которое в случае «успешных» определялось как более оптимальное с преобладанием процессов торможения и тонуса парасимпатического отдела нервной системы.

При сравнении групп с высоким и низким уровнем адаптации было обнаружено, что для лиц с высоким уровнем успешности характерны более низкие значения индекса темперамента ИВПШ по сравнению с менее успешными ($p < 0,05$).

Под действием психоэмоциональной нагрузки у испытуемых обнаружено большее количество значимых корреляций исследуемых показателей. Стоит отметить наличие большего числа связей темперамента и омега-потенциала с такими показателями, как ЧСС ($r=0,37$), LF/HF ($r=0,66$), ИН ($r=0,37$), ТР ($r=-0,54$) при нагрузке, что указывает на наличие более тесной связи состояния центрального и автономного контура регуляции сердечного ритма при стрессе.

На основе полученных данных нами составлена сравнительная характеристика адаптационных реакций и физиологических показателей у лиц с высоким и низким уровнем эффективности адаптации (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение показателей и их динамики при нагрузке у лиц с разной эффективностью адаптации

Показатели	Эффективная адаптация	Неэффективная адаптация
Уровень активации	II	I, III, IV
Межполушарные отношения	доминирование левого полушария	доминирование правого полушария
Темпераментальные особенности	умеренная поведенческая активность	высокая или сниженная поведенческая активность
Изменение ЧСС при нагрузке	ЧСС ↓	ЧСС ↑
Изменение LF/HF при нагрузке	LF/HF ↓	LF/HF ↑
Изменение ИН при нагрузке	ИН ↑	ИН ↑↑
Изменение VLF при нагрузке	VLF ↑	VLF ↓
Изменение ОП при нагрузке	ОП ↑	ОП ↓↓
Восстановление после нагрузки	восстановление полное	восстановление неполное

Примечание: стрелками ↓ и ↑ показано направление изменений по сравнению с исходными значениями. Двойная стрелка указывает на значительный рост или снижение показателя (более 30 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, темперамент и его нейрофизиологическая основа – активационные процессы в системе кора-подкорка-кора оказывают влияние на успешность и физиологическую «цену» адаптации в условиях эмоциональной стресс-нагрузки.

Лица с оптимальным уровнем активации коры головного мозга и умеренной выраженностью поведенческих проявлений темперамента, низким напряжением регуляторных механизмов по показателям VLF, ИН, LF/HF успешнее справляются с адаптацией к стрессирующим условиям неопределенности в процессе игрового биоуправления.

Полученные результаты могут быть использованы с целью дифференциальной диагностики, выявления групп риска дезадаптивных расстройств и разработки превентивных мер, направленных на повышение адаптационных резервов организма.

Исследование выполнено в рамках регионального конкурса научных проектов междисциплинарных фундаментальных исследований, проводимого РФФИ совместно с Правительством Красноярского края. Проект «Полипарадигмальный и мультиэтнический подходы в оценке качества жизни населения как инструмент управления развитием человеческого потенциала формирующегося макрорегиона «Енисейская Сибирь» № 18-413-242002

Список литературы

1. Литвинова Н. А. Влияние индивидуально-типологических особенностей на адаптацию водителей / Н. А. Литвинова, А. И. Федоров, Е. М. Мухин, М. Г. Березина // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием. – 2017. – С. 187–188.
2. Stifter C. Temperament and developmental psychopathology / C. Stifter, J. Dollar // *Developmental psychopathology*. – 2016. – P. 1–62.
3. Флейшман А. Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики. Нелинейные феномены: Учебный атлас для врачей / А. Н. Флейшман. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 194 с.
4. Аль-Шаммари М. Я. И. Спектральный анализ вариабельности сердечного ритма у студентов-иностранцев / М. Я. И. Аль-Шаммари // Научный результат. Серия «Физиология». – 2016. – Т. 2., № 3 (9). – С. 26–31.
5. Байгужин П. А. Функциональное состояние центральной нервной системы при воздействии слабоструктурированной информации / П. А. Байгужин, Д. З. Шибкова // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 32–42.
6. Илюхина В. А. Сверхмедленные информационно-управляющие системы в интеграции процессов жизнедеятельности головного мозга и организма (Обзор) / В. А. Илюхина // *Физиология человека*. – 2013. – Т. 39, № 3. – С. 114–126.
7. Грибанов А. В. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации / А. В. Грибанов, Н. Ю. Аникина, А. Б. Гудков // *Экология человека*. – 2018. – № 8. – С. 32–40.
8. Murik S. E. Omegaelectroencephalography: formation history and diagnostic capabilities of the new method in electrophysiology / S. E. Murik // *The bulletin of Irkutsk State University. «Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series»*. – 2018. – No. 26. – С. 69–85.
9. Posner M. I. Temperament and brain networks of attention / M. I. Posner, M. K. Rothbart // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2018. – Vol. 373, No. 1744. – P. 20170254.

10. Pintzinger N. M. Temperament differentially influences early information processing in men and women: Preliminary electrophysiological evidence of attentional biases in healthy individuals / N. M. Pintzinger, D. M. Pfabigan, L. Pfau, I. Kryspin-Exner, C. Lamm // *Biological Psychology*. – 2017. – Vol. 122. – P. 69–79.
11. Хабарова И. В. Влияние темперамента, нейроэнергетического метаболизма и уровня активации коры головного мозга на психическое развитие младших школьников / И. В. Хабарова, Н. С. Бедерева, С. Н. Шилов // *Журнал медико-биологических исследований*. – 2017. – № 3. – С. 43–55.
12. Gartstein M. A. Temperament and personality / M. A. Gartstein, S. P. Putnam, E. N. Aron, M. K. Rothbart // *Oxford handbook of treatment processes and outcomes in counseling psychology*. – 2016. – P. 11–41.
13. Yu M. The association between mental health problems and menstrual cycle irregularity among adolescent Korean girls / M. Yu, K. Han, G. E. Nam // *Journal of Affective Disorders*. – 2017. – Vol. 210. – P. 43–48.
14. Osório C. Adapting to stress: understanding the neurobiology of resilience / C. Osório, T. Probert, E. Jones, A. H. Young, I. Robbins // *Behavioral Medicine*. – 2017. – Vol. 43, № 4. – P. 307–322.
15. Газиева М. З. Проблема исследования развития стресса и стрессоустойчивости в юношеском возрасте / М. З. Газиева // *Мир науки, культуры, образования*. – 2018. – № 4 (71). – С. 380–383.
16. Негашева М. А. Модель взаимосвязей различных систем признаков с адаптационными возможностями организма в юношеском периоде онтогенеза / М. А. Негашева // *Физиология человека*. – 2018. – Т. 44, № 4. – С. 41–49.
17. Петросян Е. Ю. Метод определения частных ВП-типов темперамента по результатам исследования его черт по А. Томасу / Е. Ю. Петросян, Ю. И. Савченков // *Сибирское медицинское обозрение*. – 2009. – Т. 59, № 5. – С. 35–38.
18. Джафарова О. А. Биоуправление в педагогике и психологии / О. А. Джафарова // *Материалы научно-практической конференции «Современные проблемы психологии и образования в контексте работы с различными категориями детей и молодежи»*. – 2018. – С. 39–43.
19. Mayer K. Neurofeedback of slow cortical potentials as a treatment for adults with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder / K. Mayer, F. Blume, S. N. Wyckoff, L. L. Brokmeier, U. Strehl // *Clinical Neurophysiology*. – 2016. – Vol. 127, No. 2. – P. 1374–1386.

EFFECTIVE ADAPTATION TO STRESS LOAD: THE ROLE OF ACTIVATION MECHANISMS AND TYPOLOGICAL PROPERTIES OF THE NERVOUS SYSTEM

Lisova N. A.¹, Lukyanova A. A.², Kirko V. I.^{1,2}

¹*Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk, Russia*

²*Siberian State University of Science and Technology Named after academician M. F. Reshetneva, Krasnoyarsk, Russia*

E-mail: nadia.krs@yandex.ru

Background. The role of typological properties of temperament, functional state of the Central nervous system and mechanisms of their participation in physiological reactivity under psychoemotional stress effects is not fully clear. The aim of the study was to compare and evaluate the effectiveness of adaptive responses under stress in young people, depending on the type of temperament, neurovegetative regulation of heart rate and the level of activation of the cerebral cortex.

Method and Materials. The study involved 100 healthy female 18–21 years old. The procedure of the research: during a session of game biofeedback as a model of psycho-emotional load the level of DC-potential of the brain, the speed of sensorimotor response and heart rate variability were measured. The subjects were divided into 2 groups according to the degree of effectiveness of training: with high and low efficiency of adaptation to the load. A comparative analysis of 2 groups on the studied physiological parameters was carried out.

Results. A comparative analysis of the functional state in terms of heart rate variability and DC-potential of the brain was performed for two groups. Significant differences were found in the nature of activation mechanisms and vegetative support in individuals with different levels of adaptation success. It is shown that the level of activation of the cerebral cortex, interhemispheric asymmetry, speed of visual-motor reaction, vagosympathetic balance and temperament characteristics can be predictors of effective adaptation to stressful load. Individuals with moderate activity as temperament traits, parasympathetic tone of the autonomic system, optimal level of activation of the nervous system, left-hemisphere dominance, and average speed of psychomotor reactions successfully adapt to stressful conditions.

Conclusion. In summary, temperament and its neurophysiological basis-activation processes in the cortex-subcortex-cortex system influence the success and physiological "price" of adaptation in the conditions of emotional stress. The level of DC-potential, interhemispheric asymmetry, speed of visual-motor reaction, vagosympathetic balance and temperament characteristics can act as predictors of effective adaptation to stressful load.

Keywords: temperament; adaptive reactions; stress load; DC-potential; activation mechanisms.

References

1. Litvinova N. A., Fedorov A. I., Mukhin E. M., Berezina M. G. the Influence of individual typological features on the adaptation of drivers, *Proceedings of the XXIII Congress of the I. P. Pavlov Physiological society with international participation*, 187 (2017).
2. Stifter C., Dollar J. Temperament and developmental psychopathology, *Developmental psychopathology*, 62 (2016).
3. Fleishman A. N. *Heart rate Variability and slow fluctuations in hemodynamics. Nonlinear phenomena: a Training Atlas for doctors*, 194 p. (SB RAS Publishing house, Novosibirsk, 2009)
4. Al-Shammari M. Ya. I. Spectral analysis of heart rate variability in foreign students, *Scientific result. A Series of Physiology*, **3 (9)**, 26 (2016).
5. Baiguzhin P. A., Shibkova D. Z. Functional state of the Central nervous system under the influence of weakly structured information, *Man. Sport. Medicine*. **17(5)**, 32 (2017).
6. Ilyukhina V. A. super-Slow information and control systems in the integration of processes of vital activity of the brain and body (Review), *Human Physiology*, **39 (3)**, 114 (2013).
7. Griбанov A. V., Anikina N. Yu., Gudkov A. B. Cerebral energy exchange as a marker of adaptive human reactions in natural and climatic conditions of the Arctic zone of the Russian Federation, *Human ecology*, (8), 32 (2018).
8. Murik S. E. Omegaelectroencephalography: formation history and diagnostic capabilities of the new method in electrophysiology, *The bulletin of Irkutsk State University. «Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series»*, **26**, 69 (2018).

9. Posner M. I., Rothbart M. K. Temperament and brain networks of attention, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **373** (1744) (2018).
10. Pintzinger N. M., Pfabigan D. M., Pfau L., Kryspin-Exner I., Lamm C. Temperature differently influences early information processing in men and women: Preliminary electrophysiological evidence of attentive biases in healthy individuals, *Biological Psychology*, **122**, 69 (2017).
11. Khabarova I. V., Bedereva N. S., Shilov S. N. Influence of temperament, neuroenergom metabolism and the level of activation of the cerebral cortex on the mental development of younger schoolchildren, *Journal of medical and biological research*, (3), 43 (2017).
12. Gartstein M. A., Putnam S. P., Aron E. N., Rothbart M. K. Temperament and personality, *Oxford handbook of treatment processes and outcomes in counseling psychology*, 11 (2016).
13. Yu M., Han K., Nam G. E. The association between mental health problems and menstrual cycle irregularity among adolescent Korean girls, *Journal of Affective Disorders*, (210), 43 (2017).
14. Osório C., Probert T., Jones E., Young A. H., Robbins I. Adapting to stress: understanding the neurobiology of resilience, *Behavioral Medicine*, **43**(4), 307 (2017).
15. Gazieva M. Z. The Problem of studying the development of stress and stress resistance in youth, *World of science, culture, education*, **4**(71), 380 (2018).
16. Negasheva M. A. Model of interrelations of various systems of signs with adaptive capabilities of the organism in the youth period of ontogenesis, *Human Physiology*, **44**(4), 41 (2018).
17. Petrosyan E. Yu., Savchenkov Yu. I. Method of determining private VP-types of temperament based on the results of research of its traits by A. Thomas, *Siberian medical review*, **59**(5), 35 (2009).
18. Jafarova O. A. Bio-Management in pedagogy and psychology, *Materials of the scientific and practical conference "Modern problems of psychology and education in the context of working with various categories of children and youth"*, 39 (2018).
19. Mayer K., Blume F., Wyckoff S. N., Brokmeier L. L., Strehl U. Neurofeedback of slow cortical potentials as a treatment for adults with Attention Deficit-/Hyperactivity Disorder, *Clinical Neurophysiology*, **127** (2), 1374 (2016).

УДК 612.014.4

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ
МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ФУТБОЛИСТОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ
ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

Литвин Ф. Б., Брук Т. М., Осипова Н. В., Терехов П. А., Косорыгина К. Ю.

*Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Смоленск,
Россия*

E-mail: bf-litvin@yandex.ru

В изученной выборке футболистов I тип вегетативной регуляции сердечного ритма встречается у 25 % испытуемых, II тип – у 19 %, III тип – у 42 % и IV тип – у 14 %. У спортсменов с I и II типами регуляции на фоне преобладания симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) регистрируется статистически значимое снижение перфузии крови и показателя флакса. Формируется гипоемический тип микроциркуляции. Уровень энергетического обмена повышенный. У футболистов с III и IV типами регуляции чаще встречается гиперемический тип микроциркуляции с повышением объемного компонента перфузии. Тонус микрососудов пониженный, наибольший вклад в вазодилатацию вносит нейрогенный, меньше миогенный и минимальный вклад эндотелийзависимого контуров регуляции. Возрастает роль пульсовых и дыхательных колебаний. Менее выражен окислительный метаболизм с понижением показателя удельного потребления кислорода тканями и повышением показателя сатурации гемоглобина кислородом.

Ключевые слова: микроциркуляция, спортсмены, лазерная доплеровская флоуметрия, сердечный ритм, типы регуляции.

ВВЕДЕНИЕ

В основе многолетней подготовки спортсменов лежит персонафицированный подход, который базируется на учете морфофункциональных, биохимических и генетических особенностей индивидуума. Сердечно-сосудистая система относится к важнейшим системам, лимитирующих возможности спортсменов, особенно в аэробных видах спорта. Её функция по доставке пластического и энергетического субстрата к рабочим органам, реализуется на уровне периферического звена – системы микроциркуляции [1–5]. В зависимости от величины перфузии, уровня колеблемости эритроцитов, суперпозиции сосудистых и внесосудистых механизмов регуляции в самой системе микроциркуляции выделяют мезоемический, гиперемический и гипоемический типы микроциркуляции [6–8]. Активность внесосудистых механизмов модуляции микрокровотока в значительной степени определяется особенностями сердечного ритма [9, 10]. Сердечная деятельность находится под многоуровневым контролем нервного и гуморально-гормонального контуров управления. В зависимости от доминирования центрального или автономного механизмов регуляции выделяют 4 типа регуляции сердечной деятельности [11]. По данным [12, 13] уровень спортивного мастерства в

значительной степени определяется особенностями вегетативной регуляции сердечного ритма.

Цель исследования состояла в выявлении особенностей функционирования системы микроциркуляции при разных типах вегетативной регуляции сердечного ритма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследуемую группу вошло 36 футболистов команды мастеров г. Смоленска, имеющие спортивный разряд кандидата и мастера спорта. Испытуемые мужского пола в возрасте 18–24 лет. Исследования проводились в течение микроцикла, приходящегося на базовый мезоцикл подготовительного периода (май). Исследования осуществляли персонально в кабинете врача за 1 час до начала тренировочного процесса (14–15 часов) в условиях температурного комфорта, освещенности и влажности после 15-минутной адаптации участника к условиям обследования. Запись кардиоритмограммы проводили сидя в течение 5 минут. За один сеанс проводили запись у 10–12 спортсменов. На обследование всех участников исследования ушло 3 дня. Предыдущий день перед исследованием являлся днем отдыха. Оценку вариабельности сердечного ритма (ВСР) атлетов проводили с помощью аппарата «Варикард 2.51» («ИВНМТ «РАМЕНА»; Россия). Оценивали следующие количественные показатели ВСР: ЧСС (уд./мин), показатели, характеризующие активность автономного ((мощность спектра колебаний ритма сердца, TP (мс^2) мощность высокочастотных колебаний, HF (мс^2) и центрального механизмов регуляции (мощность низкочастотных колебаний, LF (мс^2), мощность очень низкочастотных колебаний, VLF (мс^2), амплитуда моды, АМо (%), показатель преобладания центральных механизмов регуляции над автономным (индекс напряжения, ИН (усл. ед.)). На основании теоретических представлений Р. М. Баевского [14] и В. М. Покровского [15], Н. И. Шлык [11] выделяет четыре преобладающих типа регуляции: умеренное (I тип) и выраженное (II тип) преобладание центрального контура регуляции; умеренное (III тип) и выраженное (IV тип) преобладание автономного контура регуляции [11]. Согласно предложенной классификации экспресс-оценки типа регуляции I типу соответствуют значения $SI > 100$ усл. ед., $VLF > 240 \text{ мс}^2$; II типу – $SI > 100$ усл. ед., $VLF < 240 \text{ мс}^2$; III типу – SI от 30 до 100 усл. ед., $VLF > 240 \text{ мс}^2$; IV типу – SI от 10 до 30 усл. ед., $VLF > 240 \text{ мс}^2$, $TP > 8000 \text{ мс}^2$. За основу предложенной классификации берутся не отделы автономной нервной системы (симпатический и парасимпатический), как принято, а центральный и автономный контуры автономного управления физиологическими функциями. Тем самым подчеркивается участие в процессах автономной регуляции многих звеньев единой регуляторной системы. В этом заключается системный подход к рассмотрению сложнейшего механизма регуляции физиологических функций, об активности которого можно судить по данным анализа ВСР. В качестве регистрирующей аппаратуры для изучения микрогемодинамики применяли промышленный лазерный анализатор капиллярного кровотока ЛАКК-М (НИИ «Лазма»; Россия). Зонд оптического волокна, устанавливали на волярной поверхности 4 пальца правой

кисти. Закрепленный в штативе зонд на пальце фиксировали с помощью лейкопластыря. Время записи 5 минут. Анализировали следующие показатели: параметр микроциркуляции (ПМ, п.е.) в перфузионных единицах (перф.ед.) и уровень флакса (СКО, п.е.). Для амплитудно-частотного анализа осцилляций кровотока применялась программа LDF3.0.2.384 (ООО НПП “ЛАЗМА”). Программа реализует непрерывное вейвлет-преобразование с использованием в качестве анализирующего вейвлета комплекснозначный вейвлет Морле. Вклад активного механизма в формирование сосудистого тонуса оценивали по величине амплитуды нейрогенных (Ан), миогенных (Ам) и эндотелийзависимых (Аэ) колебаний (перф. ед.). Вклад пассивного механизма оценивали по величине амплитуды дыхательных (Ад) и пульсовых (Ап) колебаний (перф. ед.). Применяя указанный прибор, методом оптической тканевой оксиметрии оценивали уровень насыщения крови кислородом (SO₂, %) и величину удельного потребления кислорода (U, усл. ед.). Проводился статистический анализ полученных данных. Для сравнения переменных использовался параметрический Т-критерий Стьюдента. Различия считались достоверными при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью изучения особенностей функционирования системы микроциркуляции при разных типах вегетативной регуляции сердечного ритма проводили парный сравнительный анализ показателей микроциркуляции между группами спортсменов с умеренным преобладанием центрального (I) и автономного механизмов регуляции (III) и группами с выраженным преобладанием центрального (II) и автономного механизмов (IV) вегетативной регуляции сердечного ритма. Выполненный, с учетом количественных показателей временных (SI) и спектральных (VLF, TP) характеристик, анализ типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма показал, что наиболее часто встречается III тип (42 %), существенно реже IV тип (14 %) регуляции. При доминировании центрального механизма в 25 % случаев преобладает I тип и в 19 % II тип регуляции. Выявленное преобладание в обследуемой популяции спортсменов с III типом, по мнению ряда исследователей, является приоритетным стартовым физиологическим «базисом» для занятий спортом [11]. Как отмечает автор, III тип регуляции сердечного ритма в значительной степени генетически детерминированный. Вместе с тем, в практике спорта отмечается переход одного типа в другой [16]. По данным автора при правильно построенном тренировочном процессе чаще происходит переход от центрального к автономному типу регуляции и это свидетельствует о повышении функциональных возможностей организма, расширении его адаптационного потенциала под воздействием физических нагрузок [17]. Правомерно утверждение о том, что функциональная активность сердечно-сосудистой системы, определяет уровень напряженности регуляторных механизмов, а также функциональный резерв организма в целом, а ее периферический отдел – система микроциркуляции, обеспечивает требуемый уровень метаболизма [2,18–20]. Основные показатели системы микроциркуляции с учетом выделенных типов регуляции сердечного ритма представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели микрогемодиализации у футболистов с разным уровнем активности регуляторных систем (M±m)

Показатели	I тип (1 группа) n=9 M±m	II тип (2 группа) n=7 M±m	III тип (3 группа) n=15 M±m	IV тип (4 группа) n=5 M±m
ПМ, п.е.	8,12±1,49	7,07±1,20	11,35±1,82**	13,76±2,05*
СКО, п.е.	0,79±0,22	0,65±0,18	1,08±0,25	1,86±0,44*
SO ₂ , %	71,21±3,55	66,80±3,07	79,14±4,16	83,22±5,82*
U, усл. ед.	1,77±0,24	2,03±0,38	1,54±0,17	1,36±0,14
Аэ, п.е.	16,33±1,62	16,64±1,49	17,25±2,30	20,18±2,48
Ан, п.е.	12,40±1,15	10,03±0,86	15,41±1,70	18,23±1,94*
Ам, п.е.	9,80±1,10	7,09±0,88	11,59±1,36	12,46±1,52*
Ад, п.е.	3,06±0,25	3,85±0,30	5,40±0,49**	6,72±0,61*
Ас, п.е.	2,02±0,11	1,71±0,09	3,81±0,38**	4,58±0,43*

Примечание:

* статистически значимые различия между II и IV типами (p<0,05)

**статистически значимые различия между I и III типами (p<0,05)

Из данных таблицы следует, что при доминировании центрального механизма управления сердечным ритмом по показателям перфузии и флкса состояние кровотока «дрейфует» в сторону гипоемического типа, а при доминировании автономного механизма регуляции принимает характеристики близкие к гиперемическому типу микроциркуляции. Парный анализ показал, что у спортсменов с I типом величина ПМ на 40 %, а СКО – на 37 % ниже по сравнению с испытуемыми с III типом. Соответственно у спортсменов II типа ПМ на 95 %, СКО – на 186 % ниже по сравнению со спортсменами IV типа (p<0,05). Объем крови, притекаемой в микроциркуляторное русло регламентируется работой внутрисистемных механизмов регуляции, к которым относится ритмическая активность эндотелиоцитов экзоскелета капилляров и артериол, активность гладкомышечных клеток в стенке артериол и прекапиллярных сфинктеров в метартериолах. При анализе каждого из компартментов многоуровневой структуры регуляции установлено, что наибольший вклад в формирование вазодилаторного эффекта вносят артериолы и прекапиллярные сфинктеры и, существенно меньше вклад эндотелиоцитов. Как доказательство снижения тонуса артериол, амплитуда нейрогенных колебаний повышается на 82 % (p<0,05) при переходе от II типа к IV и на 24 % (p>0,05) от I к III типу; амплитуда миогенных колебаний повышается на 76 % (p<0,05) от II типа к IV и на 18 % (p>0,05) – от I к III типу; амплитуда эндотелийзависимых колебаний повышается на 21 % и 6 % соответственно (p>0,05). Доминирование активных механизмов модуляции тканевого кровотока под влиянием систематических физических нагрузок, направленных на рост эффективности системы микроциркуляции и повышение функционального резерва

капиллярного кровотока, отмечается работе [21]. Повышение вклада активных механизмов регуляции на уровне микроциркуляторного русла с ростом на 101 % эндотелиальных, на 82 % нейрогенных и на 55 % миогенных обнаружили [22, 23]. Тенденция на приближение к гиперемическому типу микроциркуляции у спортсменов с III и IV типами регуляции сопровождается усилением вклада внесосудистых механизмов регуляции. В результате облегченного притока крови в артериолярное звено микроциркуляторного русла амплитуда сердечных колебаний статистически надежно повышается на 168 % при переходе от II типа к IV и на 89 % от I к III типу ($p < 0,05$). Улучшается и отток крови из веноулярного звена микроциркуляторного русла с повышением амплитуды дыхательных колебаний на 75 % и 76 % при переходе от II типа к IV и на 89 % от I к III типу соответственно ($p < 0,05$).

Уровень перфузии и функциональная активность эритроцитов отражаются на состоянии обменных процессов, в частности, энергетическом обмене с участием кислорода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования установлено, что для удовлетворения клеток рабочих органов кислородом у испытуемых с I и II типами регуляции при пониженном кровотоке по сравнению с испытуемыми с III и IV типами, компенсаторно повышается диффузия кислорода из крови в ткани и повышением показателя удельного потребления кислорода тканями. В результате у спортсменов с I типом показатель U на 15 % превышает его значение у спортсменов с III типом, а у спортсменов со II типом – на 49 % по сравнению с IV типом. Повышенный переход кислорода из крови микроциркуляторного русла в ткани у спортсменов с I и II типами сопровождается снижением величины показателя сатурации кислорода на 11 % и 25 % по сравнению с испытуемыми с III и IV типами соответственно.

Полученные результаты в известной степени отражают имеющуюся функциональную взаимосвязь между центральным и периферическим отделами системы кровообращения. При доминировании автономного контура регуляции, формирующийся трофотропный эффект сочетается с мезоемическим или гиперемическим типом микроциркуляции. При повышении активности центрального механизма регуляции с эрготропным эффектом тканевой кровотока принимает характеристики гипоемического типа микроциркуляции. Следовательно, в условиях оперативного у покоя футболистов с I и II типами регуляции сердечного ритма по совокупности рассматриваемых характеристик состояние системы микроциркуляции квалифицируется, как повышено напряженное с усилением обменных процессов, что потенциально ограничивает резервные возможности системы и снижает ее адаптационный потенциал.

Список литературы

1. Крупаткин А. И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров / Изд. Стереотип. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». – 2014. – 498 с.

2. Раваева М. Ю. Адаптация тканевой микрогемодинамики к условиям комбинации стрессовых факторов / М. Ю. Раваева, Е. Н. Чуян // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2018. – Т.4(70), №4. – С. 165–179.
3. Федорович А. А. Микрососудистое русло кожи человека как объект исследования / Федорович А. А. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2017. – Т. 16(4). – С. 11–26.
4. Caro C. G. The mechanics of the circulation. Second Edition. / Caro C. G., Pedley T. J., Schroter R. C., Seed W. A. – Cambridge University Press, 2012. – 524 p.
5. Ellis C. G. What is the efficiency of ATP signaling from erythrocytes to regulate distribution of O(2) supply within the microvasculature? / Ellis C. G., Milkovich S., Goldman D. // Microcirculation. – 2012. – Vol. 19. – P. 440–450.
6. Гурова О. А. Комплексное исследование микроциркуляции крови и variability ритма сердца у детей 4–7 лет / О. А. Гурова // Новые исследования. – 2010. – № 3. – С. 78–86.
7. Козлов В. И. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у человека / В. И. Козлов, Ф. Б. Литвин, Т. И. Станишевская, М. В. Морозов // Biomedical and Biosocial Anthropology. – 2007. – № 9. – С. 249–250.
8. Чуян Е. Н. Индивидуально-типологические особенности показателей микроциркуляции / Е. Н. Чуян, Н. С. Трибрат, М. Н. Ананченко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского «Серия биология, химия». – 2008. – Т. 21(60), №3. – С. 190–203.
9. Tankanag A. V. A method of adaptive wavelet filtering of the peripheral blood flow oscillations under stationary and non-stationary conditions / A. V. Tankanag, N. K. Chemeris // Phys. Med. Biol. – 2009. – Vol. 54, №19. – P. 5935.
10. Крупаткин А. И. Пульсовые и дыхательные осцилляции кровотока в микроциркуляторном русле кожи человека / А. И. Крупаткин // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, №3. – С. 70–76.
11. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Шлык Н. И. // Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». – 2009. – 255 с.
12. Гаврилова Е. А. Variability ритма сердца и спорт / Е. А. Гаврилова // Физиология человека. – 2016. – Т.42, №5. – С. 121–129.
13. Шлык Н. И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик variability ритма сердца / Н. И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Т.42, №6. – С. 81–91.
14. Баевский Р. М. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Баевский Р. М., Иванов Г. Г. // Новые методы электрокардиографии, Под ред. С. В. Грачева, А. Л. Сыркина. М.: Техносфера. – 2007. – 474 с.
15. Покровский В. М. Формирование ритма сердца в организме человека и животных. / Покровский В. М. – Краснодар: «Кубань – Книга». – 2007. – 144 с.
16. Литвин Ф. Б. Сердечный ритм и система микроциркуляции у лыжников в предсоревновательном периоде спортивной подготовки / Ф. Б. Литвин, В. Я. Жигало, И. П. Аносов // Вестник Удмуртского университета Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 1. – С. 67–74.
17. Брук Т. М. Особенности реакции организма футболистов на физическую нагрузку с учетом игрового амплуа / Т. М. Брук, Ф. Б. Литвин, Н. В. Осипова // Материалы VI всероссийского симпозиума с международным участием «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов» – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2016. – С. 84–88.
18. Козлов В. И. Развитие системы микроциркуляции / Козлов В. И. – М.: Изд. РУДН, 2012. – 314 с.
19. Петрищев Н. Н. Дисфункция эндотелия. Причины, механизмы, фармакологическая коррекция / Под ред. Н. Н. Петрищева. СПб.: СПбГМУ. – 2003. – 184 с.
20. Поленов С. А. Основы микроциркуляции / Поленов С. А. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – Т.7, №1. – С. 5–19.
21. Дьяконова Е. Н. Особенности микроциркуляции крови у мальчиков в возрасте от 9 до 12 лет в зависимости от интенсивности и продолжительности занятий спортом / Дьяконова Е. Н. // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т. XVI, №2. – С. 55–57.
22. Федорович А. А. Микрососудистое русло кожи человека как объект исследования / Федорович А. А. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция – 2017. – Т. 17(4). – С. 11–26.

23. Сухарукова О. В. Функциональное состояние системы микроциркуляции при занятиях игровыми видами спорта / Сухарукова О. В. // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – №3. – С. 46–49.

FEATURES OF FUNCTIONING OF THE MICROCIRCULATION SYSTEM IN FOOTBALLERS WITH DIFFERENT TYPES OF VEGETATIVE REGULATION OF HEART RHYTHM

Litvin F. B., Bruk T. M., Osipova N. V., Terekhov P. A., Kosorygina K. Yu.

*Smolensk state Academy of physical culture, sports and tourism, Smolensk, Russia
E-mail: bf-litvin@yandex.ru*

A study was conducted on 36 players of the masters team. Male subjects aged 18–24 years. The research was carried out during the microcycle of the basic mesocycle of the preparatory period. The variability of the heart rate of football players was assessed using the device "varikard 2.51" ("IVNMT "RAMENA"; Russia). Recording of cardiointervalograms with a duration of 5 minutes was performed according to the generally accepted method in a sitting position. Time and spectral parameters were evaluated. According to cardiointervalography data, four types of regulation were distinguished: moderate (type I) and pronounced (type II) predominance of the Central loop of regulation; moderate (type III) and pronounced (type IV) predominance of the Autonomous loop of regulation. During the analysis of typological features of vegetative regulation of heart rate, the frequency of occurrence of type III regulation – 42 %, type IV – 14 %, type I – 25 %, type II – 19 % was established. It is shown that with a properly constructed training process, the transition from the Central to the Autonomous type of regulation occurs. This fact indicates an increase in the functional capabilities of the body, expanding its adaptive potential under the influence of physical exertion. Depending on the type of vegetative regulation, the parameters of the microcirculation system change. In football players with the dominance of the Central mechanism of regulation, in comparison with football players with the dominance of the Autonomous mechanism, the indicators of microcirculation intensity are significantly low by 66 % ($p < 0.05$). by 104 % ($p < 0.05$), the rate of fluctuation of red blood cells is lower. It is shown that mesoemic and hyperemic types of microcirculation are typical for the dominance of the Autonomous mechanism of regulation, while the Central mechanism of regulation is dominated by the hypoemic type of microcirculation. The volume of blood in the microcirculatory bed is regulated by the work of intersystem mechanisms of regulation. The maximum contribution to the formation of the vasodilator effect is made by arterioles and precapillary sphincters, less by endotheliocytes. Thus, the amplitude of neurogenic oscillations increases by 82 % ($p < 0.05$), myogenic – by 76 % ($p < 0.05$), endothelium – dependent – by 21 % ($p > 0.05$). As a result of facilitated blood flow to the arteriolar link of the microcirculatory bed, the amplitude of heart vibrations increases by 168 % ($p < 0.05$). The outflow of blood from the venular link of the microcirculatory bed also improves with an increase in the amplitude of respiratory vibrations by 75 % ($p < 0.05$). The dominance of

the Autonomous mechanism of regulation increases the trophotropic function and lowers the energy consumption of the body. As a result, the amount of oxygen utilization from the blood of the microcirculatory bed of football players with a Central mechanism of regulation is 31 % higher ($p < 0.05$), and the oxygen saturation index is 17 % lower ($p < 0.05$) compared to players with the dominance of an Autonomous mechanism of regulation.

Thus, in the conditions of operational rest of football players with the dominance of the Central mechanism of heart rate regulation, the state of the microcirculation system is classified as increased stress with increased metabolic processes, which potentially limits the reserve capabilities of the system and reduces its adaptive potential.

Keywords: microcirculation, athletes, laser Doppler flowmetry, heart rate, types of regulation.

References

1. Krupatkin A. I., Sidorov V. V. Functional diagnostics of the state of microcirculatory and tissue systems: Fluctuations, information, non-linearity. *A guide for physicians*, 498 (Moscow: book house "LIBROKOM", 2014).
2. Ravaeva M. Yu., Chuyan E. N. Adaptation of tissue microhemodynamics to the conditions of a combination of stress factors, *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **4(70)**, **4**, 165 (2018).
3. Fedorovich A. A. Microvascular bed of human skin as an object of research, *Regional blood circulation and microcirculation*, **16(4)**, 11 (2017).
4. Caro C. G., Pedley T. J., Schroter R. C., Seed W. A. *The mechanics of the circulation*, 524 (Second Edition. Cambridge University Press; 2012).
5. Ellis C. G., Milkovich S., Goldman D. What is the efficiency of ATP signaling from erythrocytes to regulate distribution of O₂ supply within the microvasculature? *Microcirculation*, **19**, 440 (2012).
6. Gurova O. A. Comprehensive study of blood microcirculation and heart rate variability in children 4-7 years old, *New research*, **3**, 78 (2010).
7. Kozlov V. I., Litvin F. B., Stanishevskaya T. I., Morozov M. V. Individual typological features of microcirculation in humans, *Biomedical and Biosocial Anthropology*, **9**, 249 (2007).
8. Chuyan E. N., Tribat N. S., Ananchenko M. N. Individual typological features of microcirculation indicators, *Scientific notes of the Tauride national University. V. I. Vernadsky "Series biology, chemistry"*, **21(60)**, **3**, 190 (2008).
9. Tankanag A. V., Chemeris N. K. A method of adaptive wavelet filtering of the peripheral blood flow oscillations under stationary and non-stationary conditions, *Phys. Med. Biol.*, **54**, **19**, 5935 (2009).
10. Krupatkin A. I. Pulse and respiratory oscillations of blood flow in the microcirculatory bed of the human skin, *Human Physiology*, **34**, **3**, 70 (2008).
11. Shlyk N. I. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes, 255 p. (Izhevsk: publishing house "Udmurt University", 2009).
12. Gavrilova E. A. heart rate Variability and sport, *Human Physiology*, **42**, **5**, 121 (2016).
13. Shlyk N. I. Management of training process of athletes taking into account individual characteristics of heart rate variability, *Human Physiology*, **42**, **6**, 81 (2016).
14. Baevsky R. M., Ivanov G. G. heart rate Variability: theoretical aspects and possibilities of clinical application, *New methods of electrocardiography*, 474 p. (edited by S. V. Grachev, A. L. Syrkin. Moscow: Technosphere, 2007.)
15. Pokrovsky V. M. Formation of heart rhythm in the human body and animals, 144 p. (Krasnodar: "Kuban-Book", 2007).
16. Litvin F. B., Zhigalo Ya., Anosov I. P. Heart rate and microcirculation system in skiers in the pre-competition period of sports training, *Bulletin of the Udmurt University of Biology. earth science*, **1**, 67 (2012).

17. Brook T. M., Lytvyn F. B., Osipova N. V., *Materials of the VI all – Russian Symposium with international participation "Heart Rhythm and type of vegetative regulation in assessing the level of health of the population and functional readiness of athletes"*, 84 (Izhevsk: publishing center "Udmurt University", 2016).
18. Kozlov V. I. Development of the microcirculation system, 314 (M.: Ed. RUDN, 2012).
19. Petrishchev N. N. *Endothelial Dysfunction. Causes, mechanisms, and pharmacological correction*, 184 p. (ed. by N. N. Petrishchev. SPb.: Pavlov state medical University, 2003).
20. Polenov S. A. Fundamentals of microcirculation, *Regional blood circulation and microcirculation*, **7, 1**, 5 (2008).
21. Diakonova E. N. Features of blood microcirculation in boys aged 9 to 12 years depending on the intensity and duration of sports, *Bulletin of new medical technologies*, **XVI, 2**, 55 (2009).
22. Fedorovich A. A. Microvascular bed of human skin as an object of research, *Regional blood circulation and microcirculation*, **17(4)**, 11 (2017).
23. Sukhorukova O. V. *The Functional state of the microcirculation when doing competitive sports*, **3**, 46 (Sports medicine: science and practice, 2015).

УДК 578.08

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-138-148

**ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
СЕМЯН ВИДОВ РОДА *TRIFOLIUM* L. ФЛОРЫ ЮЖНОГО КАВКАЗА
(АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА, ТАЛЫШ) НА ЭЛЕКТРОННОМ
МИКРОСКОПЕ (СЭМ) И ИХ ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

Маммедярова К. А., Аскеров А. М.

*Институт Генетических Ресурсов НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан
E-mail: kamila.suad@mail.ru*

Впервые были изучены микроморфологические особенности семян 8 видов клеверов (*Trifolium* L.) флоры Талыша на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ), собранные из Ленкорань-Лерикского региона Азербайджанской республики, относящихся к 4 под родам и 6 секциям (*T. angustifolium*, *T. pratense*, *T. lappaceum*, *T. subterraneum*, *T. resupinatum*, *T. tumens*, *T. campestre*). Было установлено, что формы семян, их размеры, цвет, строение поверхности, форма хилума и их размеры являются важными таксономическими признаками. У изученных видов строение семян относятся к 4 типам: семян с гранулярными поверхностями; семян с “холмистыми” поверхностями; семян, у которых поверхность с кристаллообразными выступами; семян, у которых поверхность с кольцеобразными выступами. Признаки скульптуры семян могут быть использованы при уточнении статусов под родов и секции, остальные морфологические признаки (форма семян, их размеры, форма хилума и их размеры) – при определении видов рода Клевер, Южного Кавказа.

Ключевые слова: Азербайджан, бобовые, морфология, секция, систематика, скульптура.

ВВЕДЕНИЕ

Род *Trifolium* L. относится к семейству Бобовых (*Fabaceae*) и включает 255 видов [1, 2]. Виды рода клевера – ценные кормовые, лекарственные, сидерационные, а также медоносные растения.

На Кавказе распространены 59 видов клеверов [3], из которых 43 видов встречается в Азербайджане [4]. По последним данным род *Trifolium* L. s.l. в Азербайджане насчитываются 50 видов [5, 6]. По данным этих же авторов среди 5-ти крупных регионов Азербайджана наибольшее количество видов клевера включает Ленкорань-Лерикский регион (Талыш) – 37-39 видов или 76 % видов клеверов всего Азербайджана. Виды, которые не встречаются в Талыше, в основном относятся к подроду *Lotoidea* Grantz. Они на Кавказе широко распространены в более высокогорных флористических комплексах, которые отсутствуют в Талыше.

Ленкорань – Лерикский регион включает 4 ботанико-географических района: Ленкоранская низменность, Ленкоранский горный, Диабар (Зуванд) и Ленкоранская Мугань. В этих районах распределение видов клевера тоже не равномерно. Наиболее широко распространены виды клевера в “Ленкоранском горном” районе (25 видов).

Во Флоре Азербайджана [4] подроды и секции не были указаны. Подроды рода *Trifolium* были приняты Е. Бобровым [7], А. Гроссгеймом [3], некоторые из которых впоследствии были приняты в ранге рода [5, 7].

Виды рода *Trifolium* L. Ленкорань-Лерикского региона относятся к 4 под родам и 10 секциям. Наибольшее количество клевера относятся к под роду *Trifolium* L. s.str., который содержит 27 видов.

Следует отметить, что статусы ряда видов клеверов Ленкорань-Лерикского региона и Азербайджана в целом являются спорными. Помимо общеморфологических методов исследования они уточнялись кариологическим, анатомическим и другими методами [8, 9]. В настоящей работе приводятся результаты исследования данного вопроса с применением микроморфологического метода при использовании СЭМ микроскопа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами для нашего исследования являются образцы семян, собранные нами во время экспедиции в Ленкорань-Лерикском регионе в 2017–2018 годах. Также мы использовали в своей работе образцы семян, хранящихся в Генбанке Института Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджанской Республики. Номенклатурные изменения уточнялись по монографии «The genus *Trifolium*» [2] и по работе А. М. Аскерова [5], а также по Международному указателю научных названий растений (IPNI).

Для анализа взяты образцы семян по 8 видам клевера (*T. angustifolium* L., *T. pratense* L., *T. lappaceum* L., *T. repens* L., *T. subterraneum* L., *T. resupinatum* L., *T. tumens* Steven ex M. Vieb., *T. campestre* Schreb.), собранных из различных популяций. Собранный материал был помещен в специальные стерильные бумажные мешочки и в лабораторных условиях была удалена их влажность с помощью силикогенного вещества.

Во время исследования под стереомикроскопом Leica EZ4D изучались форма, поверхность, размеры и цвет образцов семян (рис. 1).

Под сканирующим электронным микроскопом были взяты (2–3) образца зрелых семян каждого вида, семена были помещены на заранее подготовленные столики, покрытые клейкой углеродной лентой. Образцы семян напыляются металлом в течении 1–2 минут на ионно распылительной установке фирмы JEOL JFC1600. Образцы семян изучались с боковой поверхности. Поверхность семян сфотографированы электронным микроскопом JEOL JSM6610 Iv при увеличении в 4000 раз (рис. 2, 3). Под электронным микроскопом были изучены различные структуры поверхности семян, длина и ширина хилиума (рубца).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ниже приводятся результаты исследования 8 видов клеверов, относящихся к 4 под родам и 6 секциям с использованием СЭМ микроскопа. При описании секции использовались работы М. Зоари, Д. Хеллера, Е. Боброва [2, 7, 10–12].

Sect. *Stenostoma*

Чашечка щелеобразно замкнута в зеве мозолистыми утолщениями. Венчик опадающий, обычно беловато-желтый, редко розовый.

Из этой секции была изучена морфология семян одного вида (клевер узколистый), собранного во время экспедиции 2018 года.

T. angustifolium (клевер узколистый). Однолетнее растение, с густо волосистым, прямостоячим стеблем, иногда стелющимся, ветвистым, высотой 10–30 см. Семена эллипсоидные, 0,9–2,2 мм, поверхность гладкая, коричневого цвета. Структура поверхности плотно гранулярная [13]. Хилиум бобовидный, длиной 0,12 мм. $2n=14, 16$ (табл. 2; рис. 1 а, 2 а-с).

Распространены в Европе, Средиземноморье, в странах Юго-Западной Азии. В Азербайджане встречается в основном во всех районах, а в Ленкорань-Лерикском регионе – в Ленкоранской низменности и Ленкоранском горном районе (табл. 1).

Sect. *Trifolium* Был изучен один вид

Чашечка в зеве без мозолистого утолщения, но с кольцом густых волосков, а иногда с кольцеобразной кожистой складкой. Венчик неоппадающий, красный или розовый разных оттенков, редко беловатый.

T. pratense (к. луговой). Многолетнее растение, стебель ветвистый, обычно волосистый, растение 15–40 см высоты. Семена эллипсоидные или овальные, ассиметрично-сердцевидные или почковидные, коричневые, поверхность почти гладкая, 1,7–2,3×1,2–1,5 мм, светлая или темная, желтовато-зеленая, имеет серо-коричневые и фиолетовые оттенки. Структура поверхности крупно-гранулярная. Хилиум продолговато-шаровидный, длина – 0,08 мм. $2n=14$ (табл. 2; рис. 1 d, 2 g-i).

Распространены в Европе, Средиземноморье и в странах Азии. Встречаются во всех районах Азербайджана и в том числе в Ленкорань-Лерикской регионе (табл. 1).

T. lappaceum (к. репейниковый). Однолетнее растение. Стебли часто простертые, волосистые, высотой 10–40 см. Семена овальные, твердые, слабо блестящие, темно-коричневого цвета, 1,2–1,4×1–1,2 мм. Структура поверхности с плотно полукольцевидными выступами (образует сеть). Хилиумы продолговато-овальные, длина 0,14 мм. $2n=16$ (табл. 2; рис. 1 с, 3 j-l).

Распространены в Юго-восточной Европе, Средиземноморье, Юго-Западной и Средней Азии. Встречается во всех районах Азербайджана и в том числе Галыша (табл. 1).

Sect. *Lotoidea*

Все цветки на цветоножках 0,5-3мм дл., с хорошо развитыми прицветниками. Чашечка с 5 ланцетными или узколанцетными зубцами, из которых 2 верхних часто более длинные, после цветения не вздувающаяся. Венчик белый, реже розовый или красноватый, после цветения не опадающий.

Из этой секции была изучена морфология семян одного вида.

T. repens (к. ползучий). Многолетнее растение, стебель ползучий, 10–20см высоты. Семена сердцевидной или почковидной формы, 1,1–1,5×0,9–1,2 мм, поверхность блестящая, гладкая, незрелые семена желтовато-розовые, зрелые семена светло-коричневого цвета. Структура поверхности редко гранулярная. Форма хилиума семян продолговато-бобовидная, длина 0,08 мм. $2n=32$ (табл. 2; рис. 1 e, 2 d-f).

Распространены в Европе, Средиземноморье и в странах Азии. Встречаются во всех районах Азербайджана и в том числе в Ленкорань-Лерикской регионе (табл. 1).

Хорошее пастбищное и кормовое растение.

Таблица 1

Исследуемые виды, их место сбора и координаты

Подроды	Секции	Виды	Место сбора и координаты	Дата сбора
1	2	3	4	5
I. <i>Trifolium</i> L. s. str.	1. <i>Stenostoma</i> Gibelli et Belli	<i>T. angustifolium</i> L.	Джалилабадский район, село Захмедабад N39°14.954' E048°27.420' H 508 м	16.05.2017
	2. <i>Trifolium</i>	<i>T. pratense</i> L.	Кубинский район, село Гешреш N41°11.333' E48°28.754' H 647 м	13.07.2016
		<i>T. lappaceum</i> L.	Джалилабадский район, село Солтанкенд N39°41.6' E48°16.2' H 536 м	15.06.2017
	3. <i>Lotoidea</i> Grantz.	<i>T. repens</i> L.	Лерикский район, село Дивагач N38°40.014' E048°21.663' H 1470 м	03.07.2018
II. <i>Calycomorphum</i> (C. Presl) Peter	4. <i>Calycomorphum</i> (C. Presl) Griseb.	<i>T. subterraneum</i> L.	Джалилабадский район, село Захмедабад N39°14.954' E048°27.420' H 508 м	16.05.2017
III. <i>Galearia</i> (C. Presl) Hossain	5. <i>Galearia</i> (C. Presl) Godr.	<i>T. resupinatum</i> L.	Лерикский район, село Люлякаран N38°74.681' E48°39.598' H 1300 м	19.05.2017
		<i>T. tumens</i> Steven ex M. Bieb.	Джалилабадский район, село Захмедабад N39°14.954'; E048°27.420' H 508 м	16.05.2017
IV. <i>Chronosemium</i> (Ser.) Peterm.	6. <i>Chronosemium</i> (C. Presl) Griseb.	<i>T. campestre</i> Schreb.	Лерикский район, село Дивагач N38°40.014' E048°21.663'; H 1470 м	03.07.2018

Sect. *Calycomorphum*

Цветки на очень коротких ножках, без прицветников: наружные в головковидных или зонтиковидных соцветиях из 3–5 цветков с развитым беловатым или розовато-белым венчиком 10–12 мм дл., внутренние недоразвитые, бесплодные, без венчика, соцветия после цветения прижимаются к земле и бобы созревают подземно. Чашечка с 5 почти нитевидными зубцами, после цветения не вздувающаяся.

Из этой секции была изучена морфология семян одного вида.

T. subterraneum (к.подземный). Однолетнее растение, густо волосистое, стебель слабый, многочисленный, стелющийся или ветвистый, растения высотой 20–40 мм. Семена широко овальные, 1,5–2,6мм, поверхность гладкая, черного цвета. Структура поверхности плотно кристаллообразной формы. Хилиум шарообразной формы, длиной 0,19 мм. $2n=12, 16$ (табл. 2; рис. 1 g, 3 d-f).

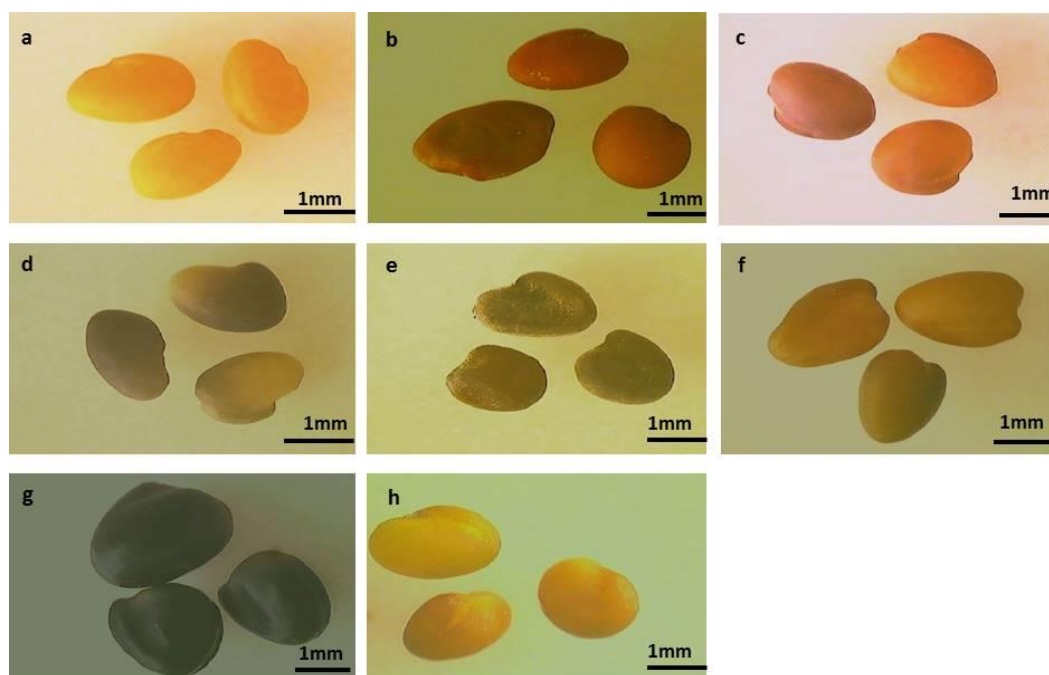


Рис. 1. Форма семян под стереомикроскопом: **a** – *T. angustifolium*; **b** – *T. campestre*; **c** – *T. lappaceum*; **d** – *T. pratense*; **e** – *T. repens*; **f** – *T. resupinatum*; **g** – *T. subterraneum*; **h** – *T. tumens*

Распространены в Европе, Средиземноморье, в странах Юго-запада и в Средней Азии. Встречается на Абшероне, в Кура-Араксинской низменности, в Восточной и Западной частях Большого Кавказа, и во всех районах Ленкорань-Лерикского региона (табл. 1).

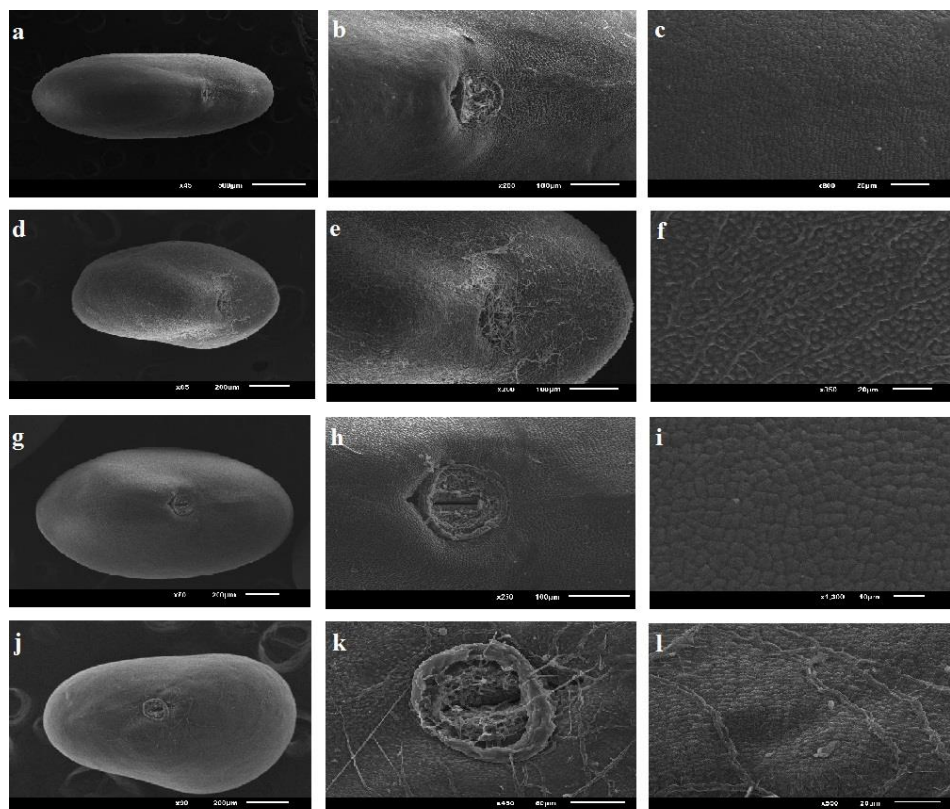


Рис. 2. Форма и строение семян под электронным микроскопом (СЭМ): **a–c** *T. angustifolium*; **d–f** *T. repens*; **g–i** *T. pratense*; **j–l** *T. tumens*

Sect. Galearia

Все цветки на цветоножках до 1мм дл., расположенные в пазухах прицветников. Чашечка двугубая, при плодах верхняя губа ее пузыревидно вздувающаяся, перепончатая. Венчик розовый, розово-белый или красноватый, после цветения обычно опадающий.

Из этой секции была изучена морфология семян двух видов.

T. resupinatum (опрокинутый) – Однолетнее или многолетнее растение, стебель ветвистый, голый, растение высотой 10–40 см. Семена эллипсоидные или овальные, ассиметрично-сердцевидные 1,3–1,8×0,9–1,3мм., поверхность гладкая, светлая или темная, темно-желтая или коричневато-желтоватая, в созревших семенах розоватая или черноватая. Структура поверхности с редко полукольцевидными выступами (образует сеть). Хилиум овальный, длина 0,12 мм. $2n=16$ (табл. 2; рис. 1 f, 3 g-i).

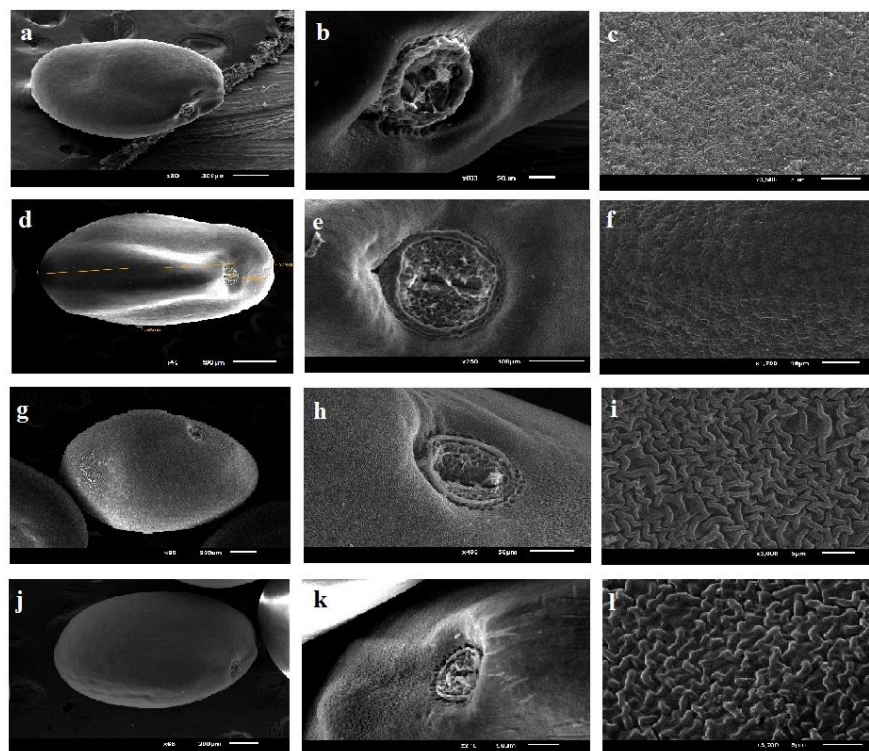


Рис. 3. Форма и строение семян под электронным микроскопом (СЭМ):
a – c *T. campestre*; **d – f** *T. subterraneum*; **g – i** *T. resupinatum*; **j – l** *T. lappaceum*

Распространены в странах Азии и в странах Средиземноморье. Встречается во всех районах Азербайджана и в том числе Талыша (табл. 1).

Высококачественное кормовое растение.

T. tumens (к. вздутый) – Многолетнее растение, стебель голый, прямостоячий или стелющийся, высотой 10–40 см. Семена яйцевидные, 0,7–1,1 мм (табл. 2; рис. 1 h, 2 j-l).

Поверхность гладкая, бледно-желтоватого цвета. Структура поверхности семян плотно холмистая. Хилиум шарообразный, сбоку вдавленный, длиной 0,12 мм. $2n=16, 32$.

Распространены в Юго-Западной Азии (Азербайджан, Грузия, Армения, Турция и Иран) Встречается во всех районах Азербайджана и Талыша (табл. 1).

Sect. *Chronosemium*

Цветки на цветоножках до 2 мм дл., собраны в головковидные или зонтиковидные пазушные или верхушечные кисти. Прицветники едва заметные, почти полностью редуцированные. Чашечка с 5 жилками, двугубая, ее нижние зубцы в 2–4 раза превышают по длине поверхности. Венчик обычно желтый. Бобы на ножке, односемянные. Одно или двулетники, редко многолетники с тройчатосложными листьями. Из этой секции были изучены морфология семян двух видов.

Таблица 2

Морфологические особенности семян

Виды	Размеры (мм) (минимум-максимум)	Формы	Цвет	Форма поверхности	Строение и структура поверхности	Форма хилиума	Длина хилиума (мм)
<i>T. angustifolium</i>	0,9–2,2×0,7–2,0	Эллипсоидные	Коричневые	Гладкие	Плотно гранулярные	бобовидные	0.12
<i>T. repens</i>	1,1–1,5×0,9–1,2	Сердцевидные или почковидные	Желтые, желтоватозеленые	Гладкие и блестящие	Редкогранулярные	Продолговатобобовидные	0.08
<i>T. pratense</i>	1,7–2,3×1,2–1,5	Овальноэллипсоидные	коричневые	гладкие	Крупные, плотногранулярные	Шарообразные	0.08
<i>T. tumens</i>	0,7–1,1×0,5–0,9	яйцевидные	Бледножелтые	гладкие	Плотно холмистые	Шарообразные, с боку вдавленный	0.12
<i>T. campestre</i>	0,6–1,1×0,4–0,9	овальные	желтые	гладкие	Кристаллообразной формы	Продолговатые овалы	0.09
<i>T. subterraneum</i>	1,5–2,6×1,2–2,3	Широкоовальные	черные	гладкие	Кристаллообразной формы	шарообразные	0.19
<i>T. resupinatum</i>	1,3–1,8×0,9–1,3	Яйцевидные	коричневые	гладкие	Гладкие с выступами, образуют сеть	овальные	0.12
<i>T. lappaceum</i>	1,2–1,4×1–1,2	Яйцевидные	Коричневый	гладкие	Плотно полукольцевидные, с выступами, образуют сеть	Продолговатые овалы	0.14

T. campestre (к. полевой). Однолетнее растение, редко волосистое, стебель прямостоячий иногда стелющийся, ветвистый, растение высотой 20–40 см. Семена

овальные 0,6–1,1 мм, поверхность гладкая, желтого цвета. Хилиум продолговато-овальный, длиной 0,09 мм. $2n=14$ (табл. 2; рис. 1 b, 3 a-c).

Распространены в Европе, Средиземноморье, в странах Юго-запада и в Средней Азии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования проводились для 8 видов клеверов, относящихся к 6-ти секциям и 4 подвидам, собранные из различных популяций Ленкорань-Лерикского региона.

В результате анализа данных, полученных при изучении микроморфологических особенностей семян, было установлено их 4 морфологических типа. При этом уделено особое внимание признакам поверхности семян и их структурным особенностям. Эти признаки могут быть использованы при уточнении статусов внутриродовых таксонов.

1. Семена, поверхность которых гладкая, покрытая плотными гранулами. Сюда относятся *Trifolium angustifolium*, из секции *Stenostoma*; *T. repens*, из секции *Lotoidea* и *T. pratense* из секции *Trifolium*

2. Семена, поверхность которых гладкая, плотно “холмистая” Сюда относится *T. tumens* из секции *Galearia*

3. Семена, поверхность которых гладкая, покрытая кристаллообразными выступами, расположенными неравномерно. Сюда относятся *T. campestre*, из секции *Chromosemium*, и *T. subterraneum* из секции *Calycomorpha*

4. Семена, поверхность которых гладкая, с кольцевидными выступами. Эти выступы плотно полукольцевидные (образует сеть).

Этот тип семян отличающийся своеобразными признаками включают два вида: *T. resupinatum* из секции *Galearia* и *T. lappaceum* из секции *Trifolium*.

Судя по микроморфологическим описаниям семян отдельных видов клеверов, их формы и размеры (овальные, сердцевидные, почкообразные и т.д.), цвет (коричневый, желтый, черный и т.д.), формы и размеры хилиума (бобовидные, овальные, шарообразные и т.д.) в значительной степени изменчивы и характерны для описания видов.

А такие признаки семян как форма их поверхности, а также их структурные особенности ценны при описании секции и подродов.

Список литературы

1. Яковлев Г. П. Бобовые земного шара / Г. П. Яковлев – Л.: Наука, 1991. – 144 с.
2. Zohary M. The genus *Trifolium*. / M. Zohary, D. Heller – Yerusalem, 1984. – 606 p.
3. Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Род *Trifolium* L. / Гроссгейм А. А. – М.-Л., 1952. – Т. V. – С. 194–221.
4. Халилов Э. Х. Флора Азербайджана. Род *Trifolium* L. / Халилов Э. Х. – Баку, 1954. – Т. V. – С. 272–307.
5. Əsgərov A. M. Azərbaycanın bitki aləmi / A. M. Əsgərov – Bakı: TEAS PRESS, 2016. – 444 с.
6. Гурбанов Э. М. Таксономический обзор видов клеверов (*Trifolium* L.) флоры Талыша. / Э. М. Гурбанов, К. А. Маммедярова // Известия (биологические и медицинские науки). – 2018. – Т. 73, №1 – С. 16–28.
7. Бобров Е. Г. Флора Европейской части СССР. Род *Trifolium* L., *Chrysaspis* Desv. / Бобров Е. Г. – 1987. – Т. IV. – С. 195–212.

8. Salimpour F. Micromorphologic study of the seed of the genus *Trifolium*, section *Lotoidea*, in Iran / F. Salimpour, M. and F. Sharifnia // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2007. – Vol. 10 (3). – P. 378–382.
9. Zoric L. Comparative seed morphology of *Trifolium* L. species (*Fabaceae*) / L. Zoric, Lj. Merkulov, J. Lukovic, P. Boza // Period Biol. – 2010. – № 112(3). – 26 p.
10. Бобров Е. Г. Флора СССР. Род *Trifolium* L. / Бобров Е. Г. – 1945. – Т. XI. – С. 189–261.
11. Бобров Е. Г. Виды клеверов СССР. / Е. Г. Бобров // Тр. Бот.инст. АНСССР. – 1947. – № 1, 6. – С. 164–336.
12. Flora of Turkey. Genus *Trifolium* L. / Zohary. – 1970. – Vol. 3. – P. 384–448.
13. Bojnansky V. Atlas of seeds and fruits of Central and East – European Flora / V. Bojnansky, A. Fargasova // Springer. – 2007. – 961 p.

**RESEARCHES OF MICROMORPHOLOGICAL FEATURES OF SEEDS OF
TRIFOLIUM L. OF FLORA OF THE SOUTH CAUCASUS (AZERBAIJAN
REPUBLIC, TALYSH) ON ELECTRONIC MICROSCOPE (SEM) AND THEIR
TAXONOMIC MEANING**

Mammadyarova K. A., Asgarov A. M.

*Genetic Resources Institute of ANAS, Baku, Azerbaijan
E-mail: kamila.suad@mail.ru*

In monographs on *Trifolium* L., in "Atlas of seeds and fruits of the Central and East" as well as in articles published in prestigious journals the importance of seed characteristics in the taxonomy of clovers is pointed. Among the signs of seeds, the shape of the surface, the structure, size, and shape of their hilum are recorded.

In addition, in many "Flora" and "Determinants" there is no data of the seeds, especially their micromorphological features in the description of the species of clover. Taking into account the above, we studied the shape and structure of 8 species of clovers under an electron microscope.

For the first time, micromorphological features of seeds of 8 species (*T. angustifolium*, *T. pratense*, *T. lappaceum*, *T. subterraneum*, *T. resupinatum*, *T. tumens*, *T. campestre*) of clovers (*Trifolium* L.) of the Talysh flora, collected from the Lankaran-Lerik region of the Azerbaijan Republic, belonging to 4 subgroups and 6 sections were studied on an electron microscope (SEM). The shape of the seeds, their size, color, surface structure, the shape of hilum and their sizes are important taxonomic features. The structure of seeds of the studied species refers to 4 types: seeds with granular surfaces; seeds with tuberculate surfaces; seeds, which have a surface with crystal-like ledges.

Features of the structure of seeds can be used, when specifying the status of subgenera; and sections, the remaining morphological features - when determining species of the genus of clover.

Keywords: Azerbaijan, beans, morphology, sex, systematics, sculpture.

References

1. Yakovlev G. P. *Legumes of the Earth*, 144 (L. Science: 1991) (in Russ.).
2. Zohary M., Heller D., The genus *Trifolium*, 606 p. (1984).
3. *Flora Caucasus.*, The genus *Trifolium* L., Ed.: A. A. Grossheim, **V**, 194 (M.- L., 1952) (in Russ.).
4. *Flora Azerbaijan.*, The genus *Trifolium* L., Ed.: E. Kh. Khalilov, **V**, 272(Baku, 1954) (in Russ.).
5. Asgarov A. M. The Plant World of Azerbaijan, 444 p. (Baku: Teas Press, 2016). (in Azer.).
6. Gurbanov E. M., Mammadyarova K. A. Taxonomic review of the genus (*Trifolium* L.) in Talish flora, *Proceedings (biological and medical sciences)*, **1**(73), 16 (2018) (in Russ.).
7. *The Flora of Euro.part of the USSR.* The genus *Trifolium* L., *Chrysaspis* Desv. Ed.: E. G. Bobrov, **IV**, 195 (1987).
8. Salimpour F., M. and Sharifnia F., Micromorphologic study of the seed of the genus *Trifolium*, section *Lotoidea*, in Iran, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **10** (3), 378 (2007).
9. Zoric L., Merkulov Lj., Lukovic J., Boza P. Comparative seed morphology of *Trifolium* L. species (*Fabaceae*), *Period Biol.*, **112** (3), 26 p. (2010).
10. *Flora SSSR.* The genus *Trifolium* L. Ed.: E. G. Bobrov, **XI**, 189 (1945) (in Russ.).
11. Bobrov E. G. Types of clovers of the USSR, *Tr. Bot.inst. ANSSSR*, **1**, **6**, 164 (1947) (in Russ.).
12. *Flora of Turkey* . Genus *Trifolium* L. Ed.: H. Zohary, **III**. 384-448 (1970).
13. Bojnansky V., Fargasova A., Atlas of seeds and fruits of Central and East – European Flora, *Springer*, 961 (2007).

УДК 796.01:612

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-149-164

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

*Михайлова С. В., Сидорова Т. В., Полякова Т. А., Жиженина Л. М., Съемова С. Г.,
Лосев А. С., Антонов А. Я., Махонин М. Ю.*

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет имени Н. И. Лобачевского», Арзамасский филиал, Арзамас, Россия
E-mail: fatinia_m@mail.ru*

В ходе исследования выявили, что на старших курсах у студентов происходит снижение двигательной активности, что объясняется отсутствием в этот период в учебном процессе занятий по физической культуре. У студентов с низким уровнем двигательной активности показатели дыхательной системы на пятом курсе ниже, чем на первом. У студентов со средним уровнем двигательной активности они возрастают, но на старших курсах природы останавливаются или даже снижаются. У студентов с высокой физической активностью природы продолжают на протяжении всего периода обучения, при этом у них отмечается снижение значений частоты сердечных сокращений. Среди студентов со средним и низким уровнем двигательной активности не выявлено аналогичного слаженного функционирования сердечно-сосудистой системы. Проведенное исследование позволило выявить динамически функционирующий физиологический процесс, обусловленный уровнем двигательной активности студенческой молодежи. У студентов с высоким уровнем двигательной активности совершенствование физиологического статуса продолжается на протяжении всего периода обучения.

Ключевые слова: студенты, двигательная активность, физиологический статус, динамика показателей, период обучения в вузе.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность изучения динамики физиологических показателей различных систем организма студенческой молодежи за время обучения в вузе обусловлена важностью проблемы формирования будущего здорового поколения страны. Особый социальный статус и образ жизни студентов отличают их от всех других категорий населения. Интенсификация учебного процесса, загруженного инновационными образовательными программами, нерациональное питание и недостаточная двигательная активность оказывают отрицательное влияние на функциональные возможности студентов [1–3]. При этом от уровня двигательной активности (УДА) в значительной степени зависит физическое состояние организма, т. к. она активизирует компенсаторно-приспособительные механизмы, расширяет функциональные возможности организма, улучшает самочувствие [4, 5]. Прежде других физиологических характеристик на адаптацию организма к изменениям и нагрузкам реагируют показатели кардиореспираторной системы, являясь более чувствительными. Поэтому показатели сердечно-сосудистой и

дыхательной систем чаще других используют при оценке функционального состояния и адаптационного потенциала организма [6–8].

Целью проведенного исследования является изучение динамики физиологических показателей у студентов с различным уровнем двигательной активности за период обучения в вузе. Для достижения поставленной цели нужно было решить следующие задачи: изучить особенности динамики УДА у студентов в процессе обучения в вузе; изучить динамику показателей динамометрии, дыхательной и сердечно-сосудистой систем у студентов с различным УДА за период обучения, а также провести интегральную оценку физиологического статуса у студентов с различным УДА по методике Г. Л. Апанасенко.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено по результатам проспективных наблюдений физического здоровья 615 студентов (255 юношей и 360 девушек) 17–22 лет в течение 2010–2019 гг. с применением «Дневника здоровья студента», согласно заданиям которого ежегодно проводили измерения длины и массы тела; жизненной емкости легких (ЖЕЛ); окружности грудной клетки на вдохе и выдохе, расчетом экскурсии грудной клетки (ЭГК); систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД); мышечной силы правой руки (ДПК); частоты сердечных сокращений (ЧСС); проб Штанге (прШ) и Генчи (прГ) и др. [9].

Количественная оценка уровня физического здоровья была рассчитана по методу Г. Л. Апанасенко [9].

Измерения и заполнение «Дневника здоровья студента» осуществлялись ежегодно в ходе изучения дисциплин медико-физкультурного направления в рамках мониторинга, проводимого в вузе согласно Постановлению Правительства РФ № 916 от 29.12.2001 г. «Об общероссийской системе мониторинга состояния физического здоровья населения, физического развития детей, подростков и молодежи» и в соответствии с планом инициативной НИР «Исследование влияния двигательной активности на физиологические закономерности формирования физического здоровья студентов».

Исследование проведено после получения положительного решения локального этического комитета Арзамасского филиала ННГУ, с соблюдением четких критериев исключения (наличие на момент обследования острых или обострения хронических заболеваний, беременности, а также отказ от обследования).

УДА определяли у студентов на основании анкеты и определяли по количеству набранных баллов: низкий, средний и высокий [10].

Первое обследование проводили на 1-м году обучения у студентов 17–18 лет, второе обследование – на 2-м курсе у студентов 18–19 лет, третье обследование – на 3-м курсе у студентов 19–20 лет, четвертое обследование – на 4-м курсе у студентов 20–21 года, пятое обследование – на 5-м курсе у студентов 21–22 лет. Динамику физиологических показателей анализировали за период обучения в вузе в четырех группах:

- 1 группа – студенты с низким УДА (21 юноша и 29 девушек);
- 2 группа – студенты со средним УДА (104 юноши и 147 девушек);

3 группа – студенты с высоким УДА (26 юношей и 74 девушки);

4 группа – все обследованные студенты (255 юношей и 360 девушек).

По результатам исследования создана персонафицированная база данных, статистическая обработка проводилась с использованием программ офисного пакета «EXCEL v8.00» и «Version 4.03 Primer of Biostatistics». Для выполнения задач исследования применяли методы вариационной статистики (средняя арифметическая (M) и ошибка средней арифметической (m)), методы оценки достоверности результатов (критерий t -Стьюдента, критерий хи-квадрат – χ^2). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам анкетирования определили, что УДА студентов за период обучения в вузе значительно меняется. На 4–5 курсах увеличивается численность молодежи с низким УДА, при этом среди девушек сохраняется большая численность с высоким УДА, чем среди юношей. За весь период обучения в ВУЗе не меняется УДА и остается стабильным у 151 юноши (из которых у 13,9 % – низкий, 68,9 % – средний, 17,2 % – высокий) и у 250 девушек (из которых у 11,6 % – низкий, 58,8% – средний, 29,6 % – высокий) ($\chi^2=7,72$, $p < 0,05$).

Исследование физиологических показателей, определяющих функциональные возможности дыхательной системы, проводили по динамике показателей ЖЕЛ, ЭКГ, проб Штанге и Генчи за период обучения в вузе у студентов с различным уровнем двигательной активности. Сравнительный анализ средних значений исследуемых показателей внешнего дыхания у студентов на 1 и 5 курсах показал, что происходящие изменения обусловлены УДА (табл. 1). Средние значения в 4-ой группе (общая группа обследованных) возрастают к 5 курсу. При этом у студентов с низким УДА на 5 курсе они ниже, чем на 1 курсе. У студентов со средним УДА они возрастают, но к 4–5 курсам приостанавливаются или даже снижаются. У студентов с высоким УДА они возрастают на протяжении всего периода обучения.

За исследуемый период ЖЕЛ увеличилась у 60,6 % юношей в пределах от 0,1 л до 1,3 л и у 70,6 % девушек в пределах от 0,1 л до 0,9 л. При этом среди студентов с высоким УДА таковых почти 100%, а с низким УДА всего только 14,3 % юношей и 27,6 % девушек, что подтверждает положительное влияние физических упражнений на функциональные резервы дыхательной системы (рис. 1; рис. 2).

Также выявлено снижение значений ЖЕЛ у студентов 5 курса по сравнению с таковыми показателями при обучении на 1 курсе: у 15,4 % юношей в пределах от -0,6 л до -0,1 л и у 9,7 % девушек – от -0,5 л до -0,1 л.

Проведенный в ходе исследования анализ показателей функциональных проб на задержку дыхания – пробы Генчи и пробы Штанге, позволил оценить устойчивость организма к смешанной гиперкапнии и гипоксии.

Таблица 1
Динамика показателей внешнего дыхания и дыхательных проб у студентов с
различным уровнем двигательной активности, (M±m)

Пол	Группы обсл-х	1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
		жизненная емкость легких (ЖЕЛ), л				
Юноши	1	3,16±0,049	3,22±0,052	3,20±0,055	3,13±0,065	3,07±0,073
	2	3,68±0,055	3,81±0,057	3,89±0,059	3,88±0,060	3,85±0,062*
	3	4,49±0,089	4,64±0,097	4,81±0,096	4,90±0,101	4,97±0,108**
	4	3,81±0,038	3,93±0,040	4,03±0,044	4,03±0,047	4,02±0,049**
Девушки	1	2,61±0,056	2,66±0,058	2,67±0,063	2,65±0,061	2,62±0,067
	2	2,88±0,022	2,98±0,023	3,05±0,025	3,04±0,026	3,03±0,027***
	3	3,34±0,030	3,46±0,032	3,59±0,032	3,68±0,033	3,71±0,034***
	4	2,95±0,016	3,05±0,017	3,12±0,019	3,13±0,021	3,11±0,022***
экскурсия грудной клетки (ЭГК), см						
Юноши	1	6,19±0,333	6,19±0,335	6,61±0,360	6,57±0,327	5,85±0,295
	2	6,79±0,195	7,24±0,135	7,61±0,126	7,72±0,140	7,58±0,139**
	3	6,88±0,169	7,57±0,168	8,61±0,176	9,42±0,185	10,0±0,277***
	4	6,76±0,076	7,21±0,084	7,74±0,088	7,85±0,099	7,72±0,111***
Девушки	1	5,03±0,188	5,27±0,197	5,27±0,185	5,13±0,225	4,89±0,206
	2	5,13±0,072	5,57±0,081	5,94±0,087	6,00±0,084	5,97±0,088***
	3	5,50±0,104	6,25±0,100	6,98±0,111	7,58±0,113	7,85±0,135***
	4	5,20±0,047	5,63±0,053	6,06±0,060	6,22±0,066	6,15±0,074***
проба Штанге (прШ), сек						
Юноши	1	44,8±1,26	45,1±1,51	44,4±1,35	43,2±1,30	43,0±1,32
	2	55,6±0,92	57,5±1,00	59,3±1,01	59,7±1,07	59,4±1,10**
	3	71,2±2,03	74,6±2,09	77,6 ±2,22	79,5±2,12	81,1±2,15**
	4	56,8 ±0,69	58,8±0,75	60,4±0,81	60,8±0,88	60,9±0,92***
Девушки	1	36,7±1,36	36,5±1,32	36,4±1,22	36,8±1,27	35,3±1,41
	2	42,2±0,54	43,8±0,60	45,1±0,63	45,8±0,64	45,8±0,64***
	3	56,4±0,89	59,3±0,94	61,8±0,94	63,8±0,94	64,8±1,02***
	4	45,7±0,39	47,5±0,44	48,9±0,46	49,9±0,49	50,1±0,52***
проба Генчи (прГ), сек						
Юноши	1	19,7±0,54	19,5±0,56	19,4±0,42	19,0±0,49	18,9±0,45
	2	26,8±0,46	27,8±0,52	28,4±0,52	29,1±0,53	29,1±0,51**
	3	30,5±0,84	32,4±0,94	34,2±1,16	35,0±1,22	35,4±1,06***
	4	26,4±0,32	27,3±0,35	28,4±0,38	28,6±0,39	28,6±0,39***
Девушки	1	18,0±0,56	17,4±0,65	17,9±0,55	17,2±0,53	17,6±0,50
	2	21,2±0,26	22,0±0,27	23,0±0,29	23,1±0,30	23,4±0,29**
	3	25,9±0,41	27,3±0,46	28,7±0,41	29,7±0,42	30,5±0,39***
	4	22,2±0,16	23,0±0,18	24,1±0,19	24,3±0,21	24,8±0,21***

Примечание: М – средняя арифметическая, m – ошибка средней арифметической;
1 – студенты с низким УДА; 2 – студенты со средним УДА; 3 – студенты с высоким УДА;
4 – все обследованные студенты.

Различия между показателями 1 и 5 курсов достоверны для: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

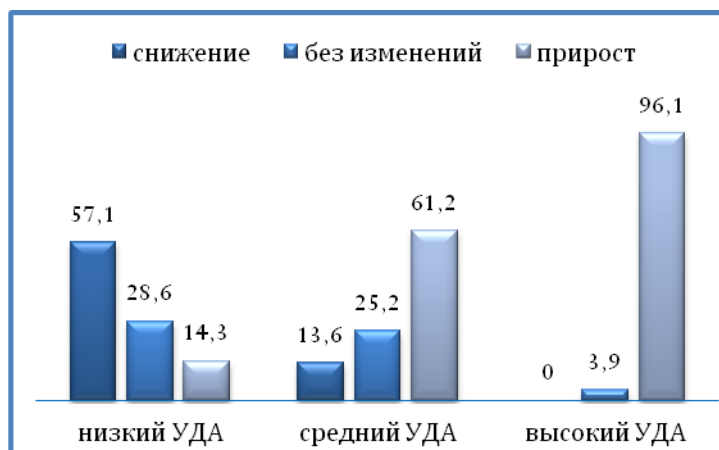


Рис. 1. Динамика показателей ЖЕЛ у юношей с различным уровнем двигательной активности (УДА) за период обучения в вузе, % ($\chi^2 = 42,19$, $p < 0,001$).



Рис. 2. Динамика показателей ЖЕЛ у девушек с различным уровнем двигательной активности (УДА) за период обучения в вузе, % ($\chi^2 = 60,66$, $p < 0,001$).

Прирост показателей пробы Штанге отмечен у 61,6 % юношей (от 1 сек до 30 сек) и 68,0 % девушек (от 1 до 20 сек), а снижение у 20,4 % юношей (от -1 сек до -11 сек) и 14,2 % девушек (от -1 сек до -9 сек). Значения пробы Генчи к 5 году обучения возрастают у 60,4 % юношей (от 1 сек до 12 сек) и 74,4 % девушек (от 1 сек до 10 сек). У 10,3 % девушек за период обучения в вузе снижается способность задерживать дыхание на выдохе (от -1 сек до -8 сек), а среди юношей таких 20,4 % (от -1 сек до -11 сек). Высокий темп приростов показателей дыхательных проб выявлен у студентов с высоким УДА (рис. 3; рис. 4).

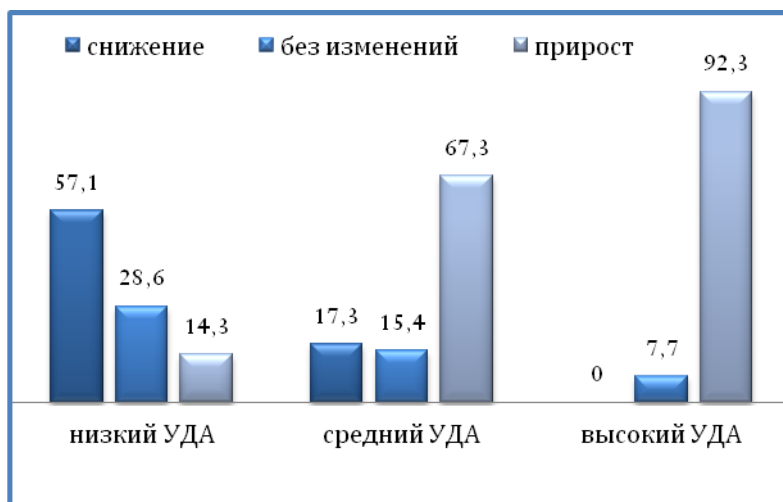


Рис. 3. Динамика показателей пробы Штанге у юношей с различным уровнем двигательной активности (УДА) за период обучения в вузе, % ($\chi^2 = 34,93$, $p < 0,001$).

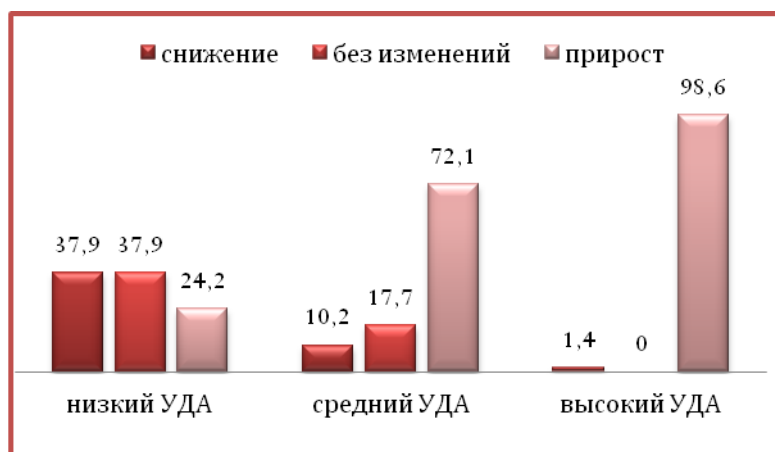


Рис. 4. Динамика показателей пробы Штанге у девушек с различным уровнем двигательной активности (УДА) за период обучения в вузе, % ($\chi^2 = 63,99$, $p < 0,001$).

Дыхательная система тесно связана с сердечно-сосудистой, функциональные резервы которых определяют адаптационные возможности организма [5, 6, 8]. В ходе исследования выявлено возрастание средних значений САД и ДАД у студентов от 1-го к 5-му курсу на фоне урежения ЧСС, но изменения обусловлены половым фактором и УДА молодежи.

У девушек шире, чем у юношей, диапазон изменения показателей САД, ДАД и ЧСС: за период от 1-го до 5-го курса приросты средних значений указанных показателей у них составили +2,0, +3,3 и -2,5 соответственно параметрам, а у

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ ...

юношей +1,9, +1,4 и -1,6 соответственно (табл. 2). У студентов с высоким УДА отмечается устойчивый линейный прирост значений показателей за период обучения в вузе, в других группах за это время выявлена нестабильная колебательная динамика показателей функционирования сердечно-сосудистой системы (табл. 2).

Таблица 2

Динамика показателей сердечно-сосудистой системы у студентов с различным уровнем двигательной активности, (M±m)

Пол	Группы обсл-х	1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
		систолическое артериальное давление (САД), мм рт.ст				
Юноши	1	119,6±1,89	116,3±1,69	122,5±1,50	119,0±1,64	122,0±1,55
	2	115,4±0,76	118,7±0,73	118,3±0,74	117,2±0,75	118,0±0,77***
	3	117,8±0,90	119,4±0,89	120,3±0,91	120,9±0,92	120,6±0,94*
	4	117,3±0,59	117,8±0,57	119,0±0,60	119,5±0,61	119,2±0,63*
Девушки	1	113,1±1,77	111,8±1,68	116,7±1,42	111,8±1,63	118,0±1,39*
	2	110,6±0,72	113,5±0,68	113,3±0,63	117,1±0,67	115,4±0,57***
	3	116,1±0,76	117,3±0,78	118,1±0,77	118,1±0,69	118,5±0,64*
	4	114,5±0,53	115,4±0,52	116,0±0,47	116,1±0,50	116,5±0,44**
диастолическое артериальное давление (ДАД), мм рт.ст						
Юноши	1	74,3±1,01	77,3±1,05	74,9±1,07	77,2±1,04	78,7±1,03*
	2	72,7±0,54	73,2±0,42	75,2±0,46	74,3±0,50	76,4±0,44***
	3	71,2±0,68	71,5±0,75	73,2±0,70	74,3±0,66	73,3±0,77*
	4	73,7±0,41	73,9±0,38	74,1±0,37	75,2±0,42	75,1±0,37*
Девушки	1	74,8±0,84	74,8±1,04	76,1±0,85	76,2±0,97	79,2±1,05**
	2	72,0±0,52	72,9±0,46	73,8±0,45	76,5±0,46	75,6±0,43***
	3	70,9±0,56	71,5±0,65	72,6±0,59	73,6±0,58	73,6±0,61**
	4	72,1±0,34	72,7±0,42	73,7±0,37	75,3±0,30	75,5±0,29***
частота сердечных сокращений (ЧСС), уд./мин						
Юноши	1	78,9±1,31	80,3±1,33	76,7±1,27	79,5±1,30	79,6±1,29
	2	77,8±0,64	76,1±0,56	78,0±0,67	74,3±0,60	75,2±0,61**
	3	71,0±1,04	70,0±0,98	68,6±1,01	67,9±0,96	67,3±1,05*
	4	75,9±0,56	76,1±0,51	74,9±0,55	74,0±0,59	74,3±0,54*
Девушки	1	80,7±1,65	81,7±1,57	77,8±1,60	79,0±1,61	80,0±1,59
	2	78,7±0,61	76,7±0,59	77,5±0,63	76,6±0,62	77,0±0,60*
	3	73,1±0,56	72,2±0,52	70,7±0,58	69,5±0,55	70,4±0,57***
	4	77,5±0,49	76,0±0,52	75,3±0,46	74,3±0,50	75,0±0,48***

Примечание: М – средняя арифметическая, m – ошибка средней арифметической;

1 – студенты с низким УДА; 2 – студенты со средним УДА; 3 – студенты с высоким УДА; 4 – все обследованные студенты.

Различия между показателями 1 и 5 курсов достоверны для: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

В табл. 3 можно видеть особенности динамики (численность молодежи и диапазон изменений) показателей ЧСС у студентов за период обучения в вузе.

Таблица 3
Динамика приростов ЧСС у студентов за период обучения в вузе, %

Пол	показатели динамики ЧСС, (уд. в мин)	Ежегодная динамика ЧСС				Динамика ЧСС за весь период обучения
		2 курс	3 курс	4 курс	5 курс	
Юноши	от -15 до -11	0,4	1,5	1,5	-	1,9
	от -10 до -6	5,9	10,2	4,7	2,0	15,7
	от -5 до -2	34,5	30,2	30,9	13,7	54,2
	от -1 до +1	38,8	43,1	44,5	53,3	12,9
	от + 2 до +5	14,5	9,8	14,9	23,9	8,3
	от + 5 до +10	5,1	3,3	3,1	6,7	5,9
	от + 10 до +13	0,8	1,9	0,4	0,4	1,1
Девушки	от -20 до -16	1,4	-	0,8	-	1,4
	от -15 до -11	2,5	3,1	2,2	0,3	3,1
	от -10 до -6	11,9	11,1	2,5	3,3	16,1
	от -5 до -2	28,3	27,8	36,9	18,3	38,6
	от -1 до +1	32,5	28,1	33,9	46,9	19,5
	от + 2 до +5	15,6	17,6	13,6	21,1	13,6
	от + 6 до +10	4,7	9,5	8,1	9	5,8
	от + 11 до +15	1,7	2,8	2	0,8	0,8
от + 16 до +19	1,4	-	-	0,3	1,1	

Примечание: ежегодные приросты ЧСС показаны в сравнении с предыдущим годом обучения.

За период обучения у 9,1 % юношей и 11,2 % девушек отмечено снижение показателей САД, а у большей доли студентов (79,5 % и 76,8 % соответственно полу) значения САД возрастают, о чем свидетельствуют данные таблицы 4.

Аналогично динамике САД выявлен характер изменений показателей ДАД. Отмечено снижение значений ДАД у 6,3 % юношей (в пределах от -11 до -2 мм рт.ст.) и у 10,9 % девушек (в пределах от -10 до -2 мм рт.ст.). Возрастание значений ДАД выявлено у 76,8% юношей (от 2 до 15 мм рт.ст.) и у 76,2 % девушек (от 2 до 12 мм рт.ст.). У половины студентов с высоким УДА не отмечено изменений ДАД за 5 лет обучения в вузе, а имеющиеся изменения имеют небольшой диапазон (от -5 до +5 мм рт.ст.) как среди юношей, так и среди девушек.

Показатели ДПК у студентов изменяются соответственно УДА. Средние значения ДПК у молодежи с низким УДА за период обучения не показывают роста (табл. 5). У студентов со средним УДА они отмечены, но не столь интенсивные как у юношей и девушек с высоким УДА.

Таблица 4
Динамика приростов САД у студентов за период обучения в вузе, %

Пол	показатели динамики САД, (мм рт.ст)	Ежегодная динамика САД				Динамика САД за весь период обучения
		2 курс	3 курс	4 курс	5 курс	
Юноши	от -10 до -6	2,7	5,5	3,5	3,1	2,4
	от -5 до -2	15,3	16,1	12,5	11,8	6,7
	от -1 до +1	23,1	29,8	31,8	47,5	11,4
	от + 2 до +5	45,9	40,0	34,0	31,0	30,6
	от + 5 до +10	12,9	7,1	9,8	6,3	35,7
	от + 10 до +15	-	-	0,4	0,4	11,8
	от + 16 до +18	-	-	-	-	1,5
Девушки	от -13 до -11	0,8	0,3	3,1	0,3	0,9
	от -10 до -6	5,0	4,5	6,4	4,4	2,8
	от -5 до -2	22,2	15,0	17,8	16,7	7,5
	от -1 до +1	22,5	20,6	33,9	32,8	12,0
	от + 2 до +5	38,3	30,1	32,8	36,7	38,1
	от + 6 до +10	10,6	18,3	6,7	5,8	25,6
	от + 11 до +15	0,3	2,8	1,1	3,1	11,7
	от + 16 до +18	0,3	-	-	0,3	2,5

Примечание: ежегодные приросты САД показаны в сравнении с предыдущим годом обучения.

Таблица 5
Динамика показателей мышечной силы правой руки у студентов (M±m), кг

Пол	Группы обсл-х	1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
Юноши	1	29,2±1,25	30,4±1,22	29,6±1,27	28,8±1,24	28,5±1,26
	2	33,1±0,99	35,3±0,93	36,0±1,04	36,5±0,98	36,8±0,97***
	3	41,7±1,26	45,5±1,24	48,7±1,28	51,7±1,22	52,8±1,30***
	4	34,1±0,86	36,4±0,84	37,3±0,88	38,2±0,83	38,5±0,89***
Девушки	1	18,5±0,68	19,4±0,69	19,2±0,71	19,1±0,66	18,4±0,70
	2	20,4±0,37	22,2±0,35	22,8±0,39	22,7±0,40	22,4±0,37***
	3	23,7±0,45	25,8±0,44	28,1±0,46	30,0±0,50	30,8±0,40***
	4	21,2±0,33	22,9±0,31	23,8±0,35	24,4±0,36	24,4±0,30***

Примечание: М – средняя арифметическая, m – ошибка средней арифметической;
1 – студенты с низким УДА; 2 – студенты со средним УДА; 3 – студенты с высоким УДА;
4 – все обследованные студенты.
Различия между показателями 1 и 5 курсов достоверны для: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

За период обучения снижение показателей ДПК определено у 13,2 % юношей и 15,8 % девушек, а возрастание мышечной силы правой руки – у 68,3 % и 56,7 % соответственно (табл. 6).

Таблица 6
Динамика приростов ДПК студентов за период обучения в вузе, %

Пол	показатели динамики ДПК (кг)	Ежегодная динамика ДПК				Динамика ДПК за весь период обучения
		2 курс	3 курс	4 курс	5 курс	
Юноши	от -15 до -11	-	-	-	0,4	0,2
	от -10 до -6	-	1,6	0,4	0,4	2,1
	от -5 до -2	4,7	20,3	18,0	11,8	10,9
	от -1 до +1	29,1	31,1	45,1	58,4	18,5
	от + 2 до +5	60,7	43,5	34,6	26,3	27,4
	от + 6 до +10	5,5	3,5	1,9	2,7	19,6
	от +11 до +15	-	-	-	-	13,7
	от +16 до +20	-	-	-	-	4,7
Девушки	от +21 до +25	-	-	-	-	2,3
	от -10 до -6	-	0,3	-	1,7	1,4
	от -5 до -2	6,7	18,3	22,5	22,2	14,4
	от -1 до +1	39,4	39,2	49,9	59,5	27,5
	от + 2 до +5	51,7	41,0	24,7	16,1	33,9
	от + 6 до +10	2,2	1,2	2,9	0,6	15,6
	от +11 до +15	-	-	--	-	7,2

Примечание: ежегодные приросты ДПК показаны в сравнении с предыдущим годом обучения.

Для интегральной оценки физиологического статуса использовали методику Г. Л. Апанасенко, которая предназначена для определения уровня физического здоровья и включает параметры дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также показатели динамометрии. УДА оказывает значительное влияние на физическое здоровье студенческой молодежи, что демонстрирует распределение оценок в табл. 7.

За время обучения в вузе уровень физического здоровья у большинства студентов снижается, за исключением молодежи с высоким УДА, у них на протяжении этого периода отмечается наращивание функциональных резервов и сохраняются высокий и выше среднего уровни физического здоровья.

С точки зрения физиологических закономерностей развития кардиореспираторной системы к юношескому периоду все функциональные показатели этой системы (ЖЕЛ, ЭГК, пр.Шт, прГ, САД, ДАД, ЧСС и др.) приближаются к таковым взрослых. Позитивную роль в ускорении физического созревания кардиореспираторной системы и совершенствовании механизмов

регуляции играет оптимально организованная физическая тренировка [11]. За период обучения в вузе у студентов происходят значительные изменения показателей морфологического и физиологического статусов, что является предметом многолетних исследований многих авторов, в которых они подчеркивают важность физической культуры в формировании оптимального уровня физического развития студенческой молодежи, делая при этом акцент на отсутствие занятий физической культурой на старших курсах [12–14].

Таблица 7

Распределение студентов по уровню физического здоровья (по Г. Л. Апанасенко), %

Уровень физического здоровья	Юноши				Девушки			
	1	2	3	все	1	2	3	все
Низкий	14,7	1,7	-	4,1	16,8	0,6	-	4,8
Ниже среднего	49,7	15,6	2,8	18,3	53,7	15,7	2,3	24,8
Средний	27,0	61,8	30,4	49,1	22,8	60,5	25,1	43,7
Выше среднего	8,6	15,3	43,5	21,4	6,7	16,5	48,5	16,4
Высокий		5,6	23,3	7,1	-	6,7	24,1	11,3
Статистика	$\chi^2=547,36$ p<0,001				$\chi^2=743,24$ p<0,001			

Примечание: 1 – низкий УДА, 2 – средний УДА, 3 – высокий УДА

Результаты исследования, проведенного Усковым Г. В. (2006) показывают снижение показателей физического развития и физических качеств студентов за период обучения при уменьшении уровня двигательной активности, но при систематических занятиях в различных спортивных секциях морфофункциональные показатели прогрессивно улучшались [15].

В исследовании, проведенном Матвеевой Н. А. с соавт. (2015) отмечается к концу обучения в вузе повышение веса тела и тенденция к уменьшению силовых показателей и ЖЕЛ, что связано с детренированностью организма вследствие прекращения занятий физической культурой [16].

Многие исследователи выявляют более высокий уровень показателей физического развития у студентов факультетов физической культуры в отличие от молодежи других профилей и специальностей [12, 14, 16].

Коромыслов А. В., Маргазин В. А. (2013) отмечают падение уровня физического развития у молодежи всех факультетов, объясняя это отсутствием организованной двигательной активности в сравнении со студентами, обучающимися на физкультурных факультетах, которые занимаются физкультурой и спортом в течение всего времени обучения в вузе. Поэтому для улучшения показателей физического развития, являющегося основой здоровья студенческой молодежи, необходимо проводить занятия физкультурой в течение всего периода обучения в вузе (3 раза в неделю по 2 ч). Именно такой режим способствует формированию динамического дыхательно-двигательного стереотипа и поддержанию работоспособности [17, 18].

Результаты проведенного исследования подчеркивают важность двигательной активности для студенческой молодежи и подчеркивают, что естественный, т.е. физиологический рост показателей осуществляется только при среднем и высоком уровне двигательной активности, причем на фоне последнего более интенсивно.

При этом на фоне роста физиологических показателей выявлены студенты, у которых за период обучения в вузе отмечается отрицательная динамика показателей физиологического статуса, что подтверждает актуальность разработки разнообразных физкультурно-оздоровительных мероприятий для повышения двигательной активности студенческой молодежи с различным уровнем физической подготовленности и заинтересованности к занятиям физкультурой и спортом.

В ходе исследования определили, что девушки ведут более активный образ жизни. Это подтверждается большей численностью студенток с высоким УДА, большей численностью девушек с приростами физиологических показателей и за период обучения девушки меньше теряют темп физической активности, чем юноши. Более подвижный образ жизни девушек можно объяснить особенностью вегетативной регуляции нервной системы: у юношей в возрасте 20–22 года преобладает парасимпатическая регуляция функций, а у девушек симпатическая [11, 19].

Результаты проведенного исследования динамики показателей физиологического статуса могут стать базовой основой структуры профилактических оздоровительных мероприятий, направленных на восстановление и укрепление здоровья студентов в период их обучения в вузе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного нами исследования определили, что за период обучения в вузе у большинства студентов происходит изменение физиологического статуса, обусловленное УДА. При этом у студентов с низким УДА средние значения физиологических показателей (ЖЕЛ, ДПК, пробы Штанге и Генчи) на 5 курсе ниже, чем на 1 курсе. У студентов со средним УДА они возрастают, но на 4–5 курсах приросты останавливаются или даже снижаются. У студентов с высоким УДА приросты показателей продолжаются на протяжении всего периода обучения.

На старших курсах у четверти студентов происходит снижение УДА, что объясняется отсутствием на 4–5 курсах в учебном процессе занятий по физической культуре. Вследствие этого студенты теряют накопленные функциональные резервы, соответственно показатели понижаются.

Динамика показателей сердечно-сосудистой системы в процессе обучения свидетельствует о позитивной направленности становления гемодинамических показателей у студентов с высоким УДА: значения САД и ДАД возрастают, при этом происходит снижение значений ЧСС. У юношей и девушек, имеющих средний и низкий УДА, не выявлено аналогичного слаженного функционирования сердечно-сосудистой системы.

Интегральная оценка показателей физиологического статуса, проведенная с применением методики Г. Л. Апанасенко, выявила преобладание хороших и отличных результатов среди молодежи с высоким УДА. За время обучения в вузе

уровень физического здоровья у большинства студентов снижается, за исключением молодежи с высоким УДА, у них на протяжении этого периода отмечается наращивание функциональных резервов и сохраняются высокий и выше среднего уровни физического здоровья.

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить динамически функционирующий физиологический процесс, обусловленный уровнем двигательной активности студенческой молодежи. У студентов с высоким УДА совершенствование физиологического статуса продолжается на протяжении всего периода обучения.

Список литературы

1. Шлыкова Е. В. Здоровье молодежи мегаполиса как ресурс адаптации к условиям кризиса. / Шлыкова Е. В. // Здоровье как ресурс: V. 2.0: материалы международной конференции. 26–27 сентября 2019. – Н. Новгород, 2019. – С. 337–342.
2. Мальцева Е. А. Параметры внешнего дыхания у студентов / Е. А. Мальцева, Л. А. Михайлова // Сибирское медицинское обозрение. – 2008. – Т.1, вып.49. – С. 63–66.
3. Проскурякова Л. А. Научное обоснование разработки программы по формированию здорового образа жизни и профилактике неинфекционных заболеваний в период профессионального обучения студентов / Л. А. Проскурякова, Е. Н. Лобыкина // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 11. – С. 14–16.
4. Кабанов С. А. Особенности адаптации системы внешнего дыхания, кровообращения, морфофункциональных показателей и уровня здоровья студентов / С. А. Кабанов, Т. В. Потапова, А. П. Исаев // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 8. – С. 45–48.
5. Ванюшин Ю. С. Типологические особенности кровообращения юношей при адаптации к физической нагрузке / Ю. С. Ванюшин, Д. Е. Елистратов // Ульяновский медико-биологический журнал – 2017. – № 1. – С. 130–138.
6. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
7. Анзоров В. А. Адаптация респираторной системы студентов к учебе в вузе / В. А. Анзоров, С. В. Морякина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11(53). – С. 111–114.
8. Спицин А. П. Особенности гемодинамики студентов с разным уровнем эмоционального баланса в зависимости от типа ВНС / А. П. Спицин, Т. А. Першина // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2017. – № 4. – С.146–154.
9. Михайлова С. В. Методы оценки и самоконтроля физического здоровья учащейся молодежи: учебно-методическое пособие / С. В. Михайлова, Ю. Г. Кузмичев, Н. В. Жулин. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2017. – 174 с.
10. Апанасенко Г. Л. О возможности количественной оценки уровня здоровья человека / Г. Л. Апанасенко // Гигиена и санитария. – 1985. – № 6. – С. 55–58.
11. Бароненко В. А. Здоровье и физическая культура студента / В. А. Бароненко, Л. А. Рапопорт. – М.: Альфа-М:ИНФРА-М, 2012. – 336 с.
12. Кокшаров А. В. Динамика показателей физического развития и физической подготовленности студентов железнодорожного вуза / А. В. Кокшаров, Е. В. Мироненко // Омский научный вестник. – 2013. – № 3(119). – С. 186–189.
13. Кубиева С. С. Физическая подготовленность и физическое развитие студентов вузов различного профиля / С. С. Кубиева, Т. А. Ботагариев, Е. Т. Жетимекон // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2018. – № 2(9). – С. 26–49.
14. Губернаторов А. А. Сравнительный анализ физического развития студентов в процессе обучения в вузах гуманитарного профиля / А. А. Губернаторов, Д. В. Губа // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 8. – С. 74.

15. Усков Г. В. Динамика состояния физического здоровья студентов с различными режимами двигательной активности в период обучения в вузе и коррекция модифицируемых факторов риска развития заболеваний: автореф. дис. ... докт.мед.наук. / Усков Г. В. – Челябинск, 2005. – 42 с.
16. Матвеева Н. А. Физическое развитие студентов высших учебных заведений Нижнего Новгорода / Н. А. Матвеева, Н. Г. Чекалова, А. В. Додонов [и др.] // Медицинский альманах. – 2015. – № 5(40). – С. 176–178.
17. Коромыслов А. В. Роль организованной двигательной активности в формировании показателей физического развития студентов за время обучения в вузе / А. В. Коромыслов, В. А. Маргазин // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – №1, Том III (Естественные науки). – С. 112–117.
18. Федорова О. И. Индивидуальные изменения физического статуса женщин под влиянием физических упражнений / О. И. Федорова, А. И. Плешивцев, С. В. Дронов // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2018. – № 2. – С.111–120.
19. Нифонтова О. Л. Оценка функционального состояния вегетативной нервной системы студентов северного педагогического вуза / О. Л. Нифонтова, Р. К. Насруллаев // Образование и здоровье. Экономические, медицинские и социальные проблемы: материалы V международной конференции. – Пенза, 2010. – С. 79–81.

PHYSIOLOGICAL STATUS OF STUDENTS WITH VARIOUS LEVEL OF MOTOR ACTIVITY

***Mikhailova S. V., Sidorova T. V., Polyakova T. A., Zhizhenina L. M., Sjomova S. G.,
Losev A. S., Antonov A. Ya., Makhonin M. Yu.***

*Arzamas branch of the National Research University of Nizhny Novgorod named after
N. I. Lobachevsky, Arzamas, Russia
E-mail: fatinia_m@mail.ru*

The study of the dynamics of physiological status indicators is the basic foundation of the structure of preventive health-improving measures aimed at restoring and strengthening the functional reserves of students. The aim of the study is to study the dynamics of physiological parameters in students with different levels of motor activity during the period of study at the university.

Materials and methods. A prospective observation of the physical health of 615 students (255 boys and 360 girls) 17–22 years old was carried out during 2010–2019 using the Student Health Diary, according to the tasks of which anthropometric measurements were performed annually. The level of motor activity was determined by the results of the survey and was evaluated by the number of points scored: low, medium and high.

Results. The study revealed that during the period of study at a university, most students undergo a change in their physiological status due to the level of physical activity: the higher it is, the more intense the growth of physiological parameters and the more stable the vegetative status. In senior courses, a quarter of students have a decrease in the level of physical activity, which is explained by the absence of physical education classes in the 4–5 courses in the educational process. As a result, students lose their accumulated functional reserves, a decrease in physiological parameters and the stability of the vegetative status are noted. It was revealed that girls lead a more active lifestyle, this is confirmed by a greater number of students with a high level of motor activity, a

greater number of girls with growth in physiological status indicators and during the period of training, girls lose less physical activity than boys. The results of the study emphasize the importance of physical activity for students. Natural, i.e. physiological growth of indicators is carried out only with an average and high level of motor activity, and more intensively against the background of the latter. Also, during the study, students were identified who have a negative dynamics of physiological status.

Conclusion The obtained results confirm that in order to maintain the physiological status at the optimal level, it is necessary to form the students' physical culture throughout the entire period of study at the university, taking into account the level of health and physical fitness.

Keywords: students, physical activity, physiological status, dynamics of indicators, period of study at the university.

References

1. SHlykova E. V. Youth health of a metropolis as a resource of adaptation to crisis conditions. *Health as a resource: V. 2.0: proceedings of an international conference* (N.Novgorod; 2019), p. 337.
2. Mal'ceva E. A., Mihajlova L. A. Parameters of external respiration in students, *Sibirskoe medicinskoje obozrenie*, **1(49)**, 63 (2008).
3. Proskuryakova L. A., Lobykina E. N. Scientific substantiation of the development of a program for the formation of a healthy lifestyle and the prevention of noncommunicable diseases during the period of professional training of students, *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, **11**, 14 (2012).
4. Kabanov S. A., Potapova T. V., Isaev A. P. Features of adaptation of the system of external respiration, blood circulation, morphological and functional indicators and the level of health of students, *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, **8**, 45 (2005).
5. Vanyushin YU. S., Elistratov D. E. Typological features of the blood circulation of young men when adapting to physical activity, *Ul'yanovskij mediko-biologičeskij žurnal*, **1**, 130 (2017).
6. Agadzhanjan N. A., Baevskij R. M., Berseneva A. P. *Adaptation Issues and Health Learning*, 284 p. (M.: Izd-vo RUDN, 2006).
7. Anzorov V. A., Moryakina S. V. Adaptation of the respiratory system of students to study at a university, *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij žurnal*, **11(53)**, 111 (2016).
8. Spicin A. P., Pershina T. A. Features of hemodynamics of students with different levels of emotional balance depending on the type of ANS, *Ul'yanovskij mediko-biologičeskij žurnal*, **4**, 146 (2017).
9. Mihajlova S. V., Kuzmichev YU. G., Zhulin N. V. *Methods for assessing and self-monitoring the physical health of students: a teaching tool*, 174 p. (Arzamas: Arzamasskij filial NNGU; 2017).
10. Apanasenko G. L. About the possibility of a quantitative assessment of the level of human health. *Gigiena i sanitariya*, **6**, 55 (1985).
11. Baronenko V. A., Rapoport L. A. *Student's health and physical education*, 336 p. (M.: Al'fa-M:INFRA-M, 2012).
12. Koksharov A. V., Mironenko E. N. Dynamics of indicators of physical development and physical fitness of students of a railway university, *Omskij nauchnyj vestnik*, **3(119)**, 186 (2013).
13. Kubieva S. S., Botagariev T. A., Zhetimekov E. T. Physical fitness and physical development of university students of various profiles, *Zdorov'e cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoj kul'tury i sporta*, **2(9)**, 26 (2018).
14. Gubernatorov A. A., Guba D. V. Sravnitel'nyj analiz fizicheskogo razvitiya studentov v processe obucheniya v vuzah gumanitarnogo profilya [A comparative analysis of the physical development of students in the learning process in universities of the humanitarian profile], *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, **8**, 74 (2015).
15. Uskov G. V. *The dynamics of the physical health of students with different modes of physical activity during the period of study at the university and the correction of modifiable risk factors for the development of diseases: Dok.med.sci.diss.abs.*, 42 p. (Chelyabinsk, 2005).

16. Matveeva N. A., Chekalova N. G., Dodonov A. V., Silkin YU. R., Maksimenko E. Physical development of students of higher educational institutions of Nizhny Novgorod, *Medicinskij al'manah*, **5(40)**, 176 (2015).
17. Koromyslov A. V., Margazin V. A. The role of organized motor activity in the formation of indicators of students' physical development during their studies at the university, *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik*, **1, III** (Estestvennye nauki), 112 (2013).
18. Fedorova O. I., Pleshivcev A. I., Dronov S. V. Individual changes in the physical status of women under the influence of exercise. *Ulyanovskij mediko-biologicheskij zhurnal*, **2**, 111 (2018).
19. Nifontova O. L., Nasrullaev R. K. Assessment of the functional state of the autonomic nervous system of students of the Northern Pedagogical University. *Education and health. Economic, medical and social problems: proceedings of the V international conference* (Penza, 2010). p. 79.

УДК 581+502.3/.7

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-165-181

РАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЛЕСА ПО ВЫСОТЕ ГОРНОГО ХРЕБТА НГОК ЛИНЬ, ПРОВИНЦИЯ КОН ТУМ, ВЬЕТНАМ

*Нгуен Данг Хой¹, Данг Хунг Кыонг^{1,2}, Колесников С. И.², Нго Чунг Зунг¹,
Минникова Т. В.²*

¹*Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр,
Вьетнам*

²*Академия биологии и биотехнологии им Д. И. Ивановского Южного федерального
университета, Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: loko261008@yandex.ru*

Горный хребет Нгок Линь является важной частью лесных экосистем в Центральном нагорье Вьетнама. Растительные сообщества здесь составляют разнообразие и оригинальность высоких гор и смежных областей между Центральным и Центральным нагорьем Вьетнама. В зоне исследования зарегистрировано 1127 видов сосудистых растений, они принадлежат 627 родам, 175 семейств, 59 порядков, 10 классов, 6 отделов. Правила распределения по высоте отражены в структуре растительных сообществ через видовой состав и структуру полога леса. Голосеменные растения, особенно сосна островная (*Pinus kesiya*) и белая далатская сосна (*Pinus dalatensis*), участвуют как доминанты и содоминанты в смешанных лесных сообществах. Соответственно, в горном хребте Нгок Линь *Pinus dalatensis* имеет более широкий ареал произрастания, более высокую доминирующую роль с четкой ролью в формировании растительных сообществ на высотах выше 2000 м.

Ключевые слова: тропический лес, классификация растений, карта растительности, структура навеса, рельеф местности, горный массив Нгок Линь, Вьетнам.

ВВЕДЕНИЕ

Расположенный в муссонной тропической зоне горный хребет Нгок Линь становится важной частью лесных экосистем в Центральном–Нагорном Вьетнаме. Кроме того, благодаря долгой истории развития древней топографии Кон Тум, растительные сообщества обладают высокой биологической вариативностью и природоохранной ценностью. Разнообразие растительных факторов является основой для создания разнообразной структуры и устойчивости экосистемы [1–7]. Горный хребет Нгок Линь, центральную роль в котором играет природный заповедник Нгок Линь, также является водоразделом многих речных систем вплоть до центрального побережья и дельты Меконга. Именно поэтому лесные экосистемы Нгок Линь становятся важным ключом к поддержанию баланса на больших территориях.

Площадь исследования составляет 65571 гектар, из которых природный заповедник Нгок Линь занимает около 40500 гектаров [8], расположенных в средней и высокогорной местности. Сильно пересеченная местность обеспечила богатство,

разнообразие и оригинальность экосистем, особенно структуры естественной растительности. Тем не менее, до настоящего времени не было проведено всестороннего изучения природных экосистем, которые непосредственно повлияли на сохранение и защиту биоразнообразия.

В настоящем исследовании представлена характеристика и дифференциация лесов в горном хребте Нгок Линь. Изучено разнообразие и природоохранная ценность региональных ресурсов разнообразия растений. Проведен анализ особенностей и взаимосвязи растений с географическими факторами. Сделано сравнение сходств и различий с некоторыми другими зонами в Центральном нагорье, особенно сообществ с участием хвойных растений.

Целью настоящей работы явилось изучение разнообразия растений и дифференциация структуры леса по высоте горного хребта Нгок Линь, провинция Кон Тум, Вьетнам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

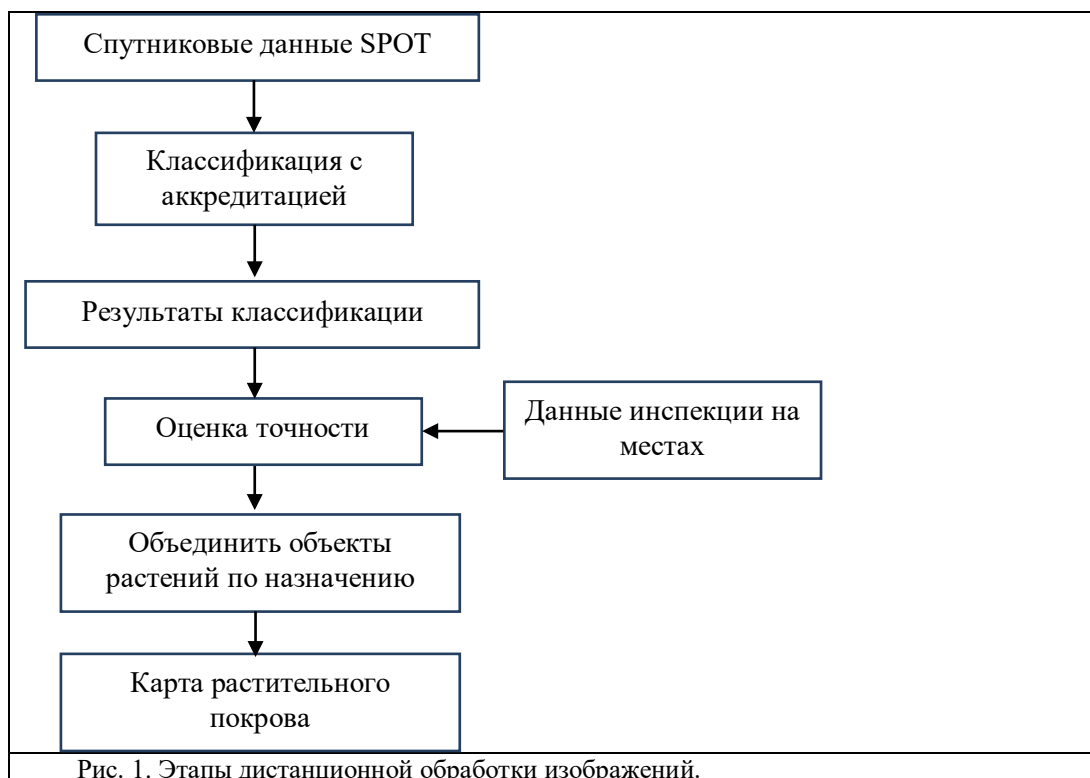
В исследовании было сосредоточено внимание на изучении разнообразия компонентов растений и структурных характеристик типов лесов в соответствии с высотным районированием горной области Нгок Линь. Исследование горы Нгок Линь было проведено в 2004 и 2006 годах и дополнено в 2013 и 2016 годах. Обследование охватывает всю горную зону Нгок Линь с высоты 900 до 2598 м н.у.м. (вершина горы Нгок Линь).

Для реализации научного содержания были использованы различные методы. Среди них были использованы основные методы:

Картографический метод и географические информационные системы (ГИС): был применен для сбора и построения системы данных о геологии, топографии, почве и растительности (рис. 1). Использовали топографические карты масштабом 1/25000, устройства GPS и изображения дистанционного зондирования SPOT для определения местоположения и границ ключевых точек и маршрутов съемки в соответствии с топографической дифференциацией, высотой местности и сообществами растений. Обработка изображений дистанционного зондирования описывается следующей схемой:

Методы полевых исследований: в полевом обследовании использовались различные методы, применяемые для сбора данных о естественных географических условиях, структурных характеристиках и пространственной дифференциации (вертикальная и горизонтальная структура) растительных сообществ. Были совместно применены картирование изображения с дистанционным зондированием для определения дифференциации в зависимости от высоты растительных сообществ.

Методы фитогеографии: применялись для изучения особенностей строения видового состава и пространственной структуры растительности. Использованы материалы Фам Хоанг Хо (1999) [9] для идентификации растений. Описание характеристик структуры растительного сообщества с помощью постоянных профилей. В профилях растений описывают характеристики древесных растений, полога, кустарников, трав и топографии.



РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Типичные природные компоненты горы Нгок Линь. Зона исследования, полностью расположенная в массиве Нгок Линь, развита на интрузивных породах среднего размера с порфиритовой текстурой и порфиритными гнейсами. Рельеф сильно дифференцирован с уровнем разделения по глубине, характерным для высокогорных районов, что делает очень крутые склоны и плоские вершины топографической формы. С высоты 1500 м большинство небольших гор следуют в направлении север-юг, создавая направление горных склонов на восток и запад.

Климат района горный характеризуемый по 3 подтипам [10]:

муссонный субтропический климат на высоте 1000–1400 м н.у.м. относится к северной части исследуемого района со средней температурой 18–20 °С, коротким холодным сезоном, около 2–3 месяца, годовым количеством осадков до 2000–2500 мм, сухой сезон – средним;

муссонный субтропический климат на высотах 1400–2000 м н.у.м. со среднегодовой температурой 15–18 °С, большим количеством осадков, достигающим более 2500 мм в год, коротким сухим сезоном (менее 2 месяцев) и периодом практически без засухи;

холодный горный климат распределяется на высотах выше 2000 м н.у.м. в центральных и южных районах исследуемого района со среднегодовой температурой

ниже 15 °С, в холодное время года около 6 месяцев, с очень большим количеством осадков, более 2500 мм в год, сухой период очень короткий и без периода засухи.

Большая часть горного хребта Нгок Линь относится к бассейну реки Дак Мек с основным направлением на север. Фрагментация местности создала довольно густую речную систему [11]. С высоты 1500 м большие ручьи невелики, но большинство ручьев имеют круглогодичную воду благодаря хорошему содержанию лесной растительности.

Лесные почвы имеет гумусовый слой средней мощности, мало варьирующий по мощности и свойствам [8]. На территории исследований встречаются два основных типа почв: гумусовые акрисоли - красные (Rhodic Acrisols) и алисоли - желтоземы (Acrisols / Lixisols) [12]. Наибольшую площадь занимают гумусовые акрисоли, которые расположены в основном на высоте 1000–2000 м. Эти почвы характеризуются средними значениями суммы обменных оснований, высоким содержанием органических веществ (более 5 % в поверхностном слое почвы и медленно снижается вниз по почвенному профилю) и кислыми свойствами (рН_{KCl} = 3,8–4,3). Алисоли в основном распространены на вершинах и верхних частях склонов гор, имеют мощный медленно разлагающийся слой растительных остатков и запас гумусовых веществ.

Разнообразие растений горного хребта Нгок Линь: видовой состав. Из результатов исследований и собранных данных 1128 видов сосудистых растений принадлежат к 627 родам, зарегистрировано 175 семейств, 59 порядков, 10 классов, 6 отделов. Процент (%) и разнообразие таксонов по секторам растений представлены в таблице 1.

Таблица 1
Разнообразие таксонов растений горного хребта Нгок Линь, %

№	Отдел	Класс	Порядок	Семейство		Род		Вид	
		N	N	N	%	N	%	N	%
1	Псилотовидные (<i>Psilotophyta</i>)	1	1	1	0,57	1	0,16	1	0,09
2	Плаунообразные (<i>Lycopodiophyta</i>)	2	2	2	1,14	4	0,64	6	0,53
3	Хвощевидные (<i>Equisetophyta</i>)	1	1	1	0,57	1	0,16	1	0,09
4	Папоротниковидные (<i>Polypodiophyta</i>)	1	7	21	11,93	40	6,38	75	6,65
5	Хвойные (<i>Pinophyta</i>)	3	3	5	3,41	10	1,59	13	1,15
6	Покрытосеменные (<i>Magnoliophyta</i>)	2	45	145	82,39	571	91,07	1032	91,49
6.1	Двудольные (<i>Magnoliopsida</i>)	1	35	124	70,45	452	72,09	811	71,90
6.2	Однодольные (<i>Liliopsida</i>)	1	10	21	11,93	119	18,98	221	19,59
Всего:		10	59	175	100	627	100	1128	100

Примечание:

N – число видов растения по семействам, родам и видам

По данным табл. 1, флора горного хребта Нгок Линь полностью сходится к сосудистым растениям во Вьетнаме, из которых доминируют виды из отдела Покрытосеменные (*Magnoliophyta*). Это наиболее разнообразное подразделение, насчитывающее 145 семейств, 571 род и 1031 вид, на которые приходится 82,39 % семейств, 91,07 % родов и 91,48 % видов. Остальные заметные сектора – это папоротниковидные (*Polypodiophyta*), на которые приходится 6,65 %, за которыми следуют хвойные (*Pinophyta*), на которые приходится 1,15 %, далее плаунообразные (*Lycopodiophyta*), на которые приходится 0,53 %. Секторы псилоотовидные (*Psilotophyta*) и хвощевидные (*Equisetophyta*) являются наименее разнообразными, всего 0,09 % от общего числа видов.

Растения в горном массиве Нгок Линь являются одной из важных единиц, составляющих флору Вьетнама (табл. 2). Результаты сравнения показывают, что соотношение между секторами в растениях гор Нгок Линь и растениях Вьетнама имеет одинаковую структуру с довольно сходными пропорциями доминирующих видов группы. Соответственно, абсолютное преимущество у магнолиофитов составляет от 91,48 % и 92,62 % соответственно.

Таблица 2

Сравнение количества видов горного хребта Нгок Линь с общим количеством растений Вьетнама, % всего количества видов

№ п/п	Разделение	Нгок Линь		Вьетнам	
		N	%	N	%
1	Псилотовидные (<i>Psilotophyta</i>)	1	0.09	1	0.01
2	Плаунообразные (<i>Lycopodiophyta</i>)	6	0.53	53	0.47
3	Хвощевидные (<i>Equisetophyta</i>)	1	0.09	2	0.02
4	Папоротниковидные (<i>Polypodiophyta</i>)	75	6.65	698	6.26
5	Хвойные (<i>Pinophyta</i>)	13	1.15	69	0.62
6	Покрытосеменные (<i>Magnoliophyta</i>)	1032	91.48	10.33	92.62
Всего:		1128	100	11153	100

Примечание:

N – число видов растения по семействам, родам и видам

Оценка ценности видов. В Красном списке МСОП и Красной книге Вьетнама за 2007 год насчитывается 80 идентифицированных редких и ценных видов, что составляет 7,1 % от общего числа зарегистрированных видов. Согласно Красному списку МСОП зарегистрировано 50 видов 7 уровней: Находящиеся под угрозой

исчезновения (CR) - 2 вида, Под угрозой исчезновения (EN) - 3 вида, Уязвимые (VU) - 7 видов, Находящиеся под угрозой исчезновения (NT) - 4 вида, Наименее опасные (LC) - 32 вида, Дефицит данных (DD) - 1 виды, сохраняющие зависимость (CD) - 1 вид. В Красной книге Вьетнама 2007 год зарегистрировано 37 видов, разделенных на 2 уровня статуса: Находящихся под угрозой исчезновения (EN) - 13 видов и уязвимые (VU) - 24 вида.

При оценке приоритетности и уникальности растений в каждом лесу эндемики составляют особую важность флоры. Результаты исследований показывают, что в флористическом обилии растений горного хребта Нгок Линь много эндемиков. Выявлено 189 эндемичных видов в 135 родах, 66 семействах. В каждом насчитывается 107 эндемичных видов Центрального Вьетнама, остальные принадлежат к эндемичным всей территории Вьетнама. Некоторые эндемичные виды с высокой природоохранной значимостью: женьшень вьетнамский (*P. vietnamense*), сосна белая далатская (*P. dalatensis*), дуб монгольский (*Quercus langbianensis*).

Структурные характеристики типичных растительных сообществ: классификация растительных сообществ в горном хребте Нгок Линь по высоте. Природные условия горного хребта Нгок Линь повлияли на существование растительных сообществ. Хребет расположен в области тропического муссонного климата и подвержен влиянию высокогорного климата. Он сочетает в своем фитоценозе множество растительных сообществ. В местах ниже 900 м н.у.м. с тропическим муссонным климатом тропический вечнозеленый тропический лес обладает очень продуктивен.

Начиная с высоты более 900 м н.у.м., горный хребет Нгок Линь подвержен влиянию горного климата, поскольку преобладают растения характерные субтропическим лесам с участием белая далатская сосна (*P. dalatensis*) и сосна островная (*P. kesiya*). Кроме того, с 2300 м н.у.м. растительные сообщества находятся под влиянием климата высокогорья Нгок Линя. В результате исследований растительных сообществ в сочетании с биоклиматическими картами и топографическими картами обнаружены растительные сообщества горного хребта Нгок Линь в 4 различных группах высот: ниже 900 м (подножие гор), от 900–1800 м (средняя гора), от 1800–2300 м (высокогорье) и выше 2300 м (вершина). Кроме того, для определения состояния и распределения типов леса на горе Нгок Линь использовались цифровые изображения SPOT с дистанционным зондированием и топографические карты в сочетании с классификационными ключами, собранными во время полевого обследования. В результате были составлены карты текущего состояния и распределения растительных сообществ по группам высот (рис. 2).

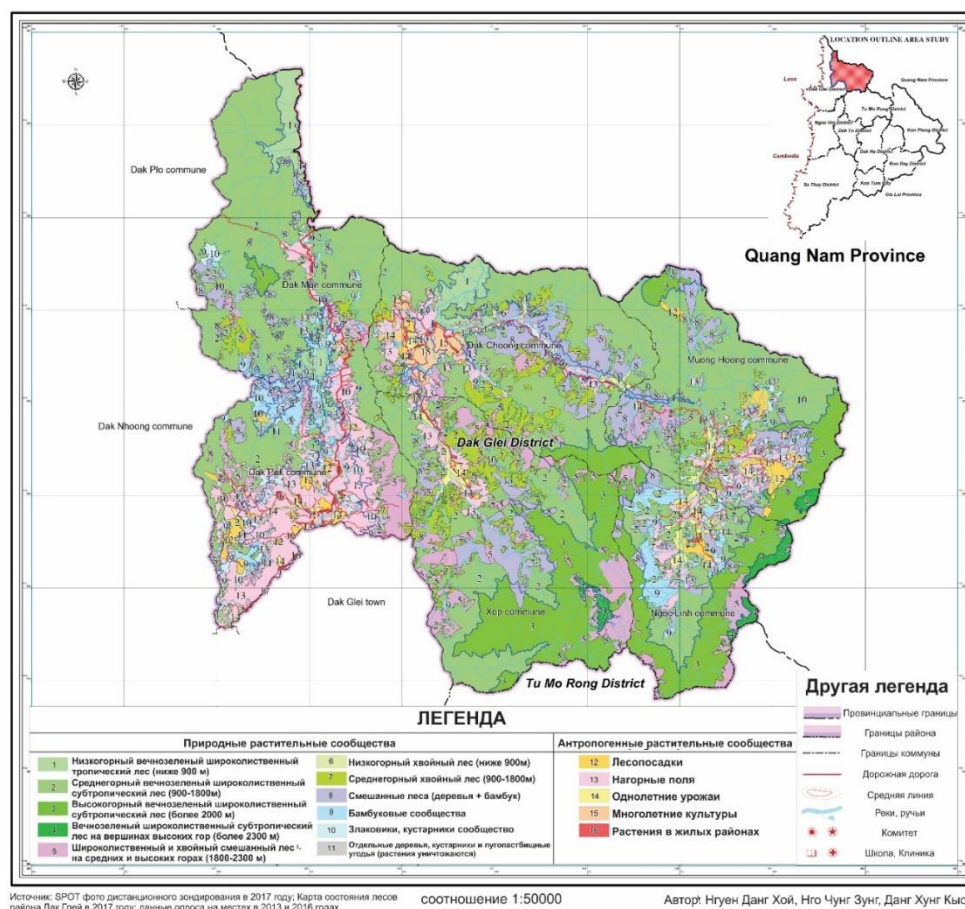


Рис. 2. Карта растительных сообществ горного хребта Нгок Линь, провинция Кон Тум, Вьетнам.

Согласно исследованиям, сообщества в этом районе разделены на 16 типов, а площадь естественных лесов на горе Нгок Линь составляет 84,39 % от площади исследования. В частности, среднегорные широколиственные субтропические леса являются крупнейшим сообществом, составляющим 39,78 % общей площади лесов Вьетнама. По сравнению с другими горными районами Вьетнама, гора Нгок Линь имеет большую площадь девственного леса. Однако растительные сообщества фрагментированы из-за горной местности и высокого уклона. Поэтому типичные сообщества, выбранные для структурных исследований, являются наименее фрагментированными сообществами. Статистическая площадь типов леса приведена в таблице 3.

Таблица 3

Статистика площадь типов леса в горах Нгок Линь

№	Тип леса	Высота над уровнем моря, м	Площадь лесов, Га	%
1	Низкогорный вечнозеленый широколиственный тропический лес	Ниже 900	1796,79	2,74
2	Среднегорный вечнозеленый широколиственный субтропический лес	900–1800	26084,9	39,78
3	Высокогорный вечнозеленый широколиственный субтропический лес	выше 2000	8609,79	13,13
4	Вечнозеленый широколиственный субтропический лес на вершинах высоких гор	выше 2300	536,42	0,82
5	Широколиственный и хвойный смешанный лес, на средних и высоких горах	1800–2300	4651,52	7,09
6	Низкогорный хвойный лес	ниже 900	94,08	0,14
7	Среднегорный хвойный лес	900-1800	3284,56	5,01
8	Смешанные леса (лиственные деревья и бамбук)	-	5522,85	8,42
9	Бамбуковые сообщества	-	2281,62	3,48
10	Злаковики, кустарниковые сообщества	-	1641,89	2,50
11	Отдельные деревья, кустарники луговые и пастбищные угодья	-	828,99	1,26
12	Искусственные посадки леса	-	1376,22	2,10
13	Высокогорные поля	-	6629,26	10,11
14	Однолетние урожаи	-	946,83	1,44
15	Многолетние культуры	-	642,91	0,98
16	Растения в заселенных районах	-	336,01	0,51

Структурные характеристики типичных растительных сообществ.

1. *Среднегорный хвойный лес (900–1800 м н.у.м.)*. Из-за особенностей климата, почвы и формы рельефа, от 900 до 1800 м н.у.м., в дополнение к появлению вечнозеленых широколиственных субтропических лесов и смешанных лесов (широколиственных и хвойных) также отмечено распространение хвойного типа леса с преимуществом *P. kesiya* (Pinaceae) (рис. 3). Верхняя граница этого типа леса также является нижней границей смешанного леса с участием *P. dalatensis* на высоте около 1800 м н.у.м.

Этот тип леса хорошо растет с 2 видами древесных деревьев. *P. kesiya* образует формирующийся слой с единичным доминантным свойством, высота до 25 м, диаметр ствола 40–60 см, иногда достигает до 80 см. Полог леса соприкасается или перекрывается, расстояние между деревьями составляет до 1 до 6 м. В приземном слое сосновые ветви и листья образуют плотный опад. Опад сохранялся годами,

увеличиваясь с каждым следующим годом. Почва имеет легкий гранулометрический супесчаный состав, серого цвета, довольно однородный, с глубокими корнями до 140 см.

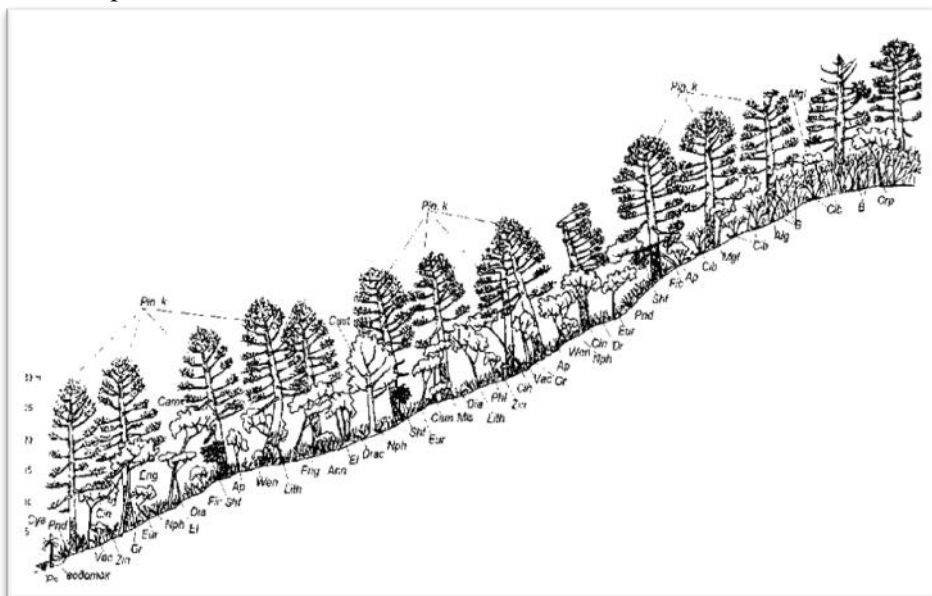


Рис. 3. Структура хвойного леса на 1100 м при участии *P. kesiya* (Кузнецов., 2013)

Примечание:

Agl – *Alangium*, Ann – Annonaceae, Ap – *Aporusa*, B – *Bambusa*, Cam – *Camellia*, Cast – *Castanopsis*, Cib – *Cibotium*, Cin – *Cinnamomum*, Crp – *Carpinus*, Cya – *Cyathea*, Dia – *Dianella*, Drac – *Dracaena*, El – *Elaeocarpus*, Eng – *Engelhardia*, Eur – *Eurya*, Fic – *Ficus*, Gr – Gramineae, Lith – *Lithocarpus*, Mgl – *Manglietia*, Mls – *Melastoma*, Nph – *Nephrolepis*, Pnd – *Pandanus*, Phl – *Phyllanthus*, Pin.k – *P. kesiya*, Ps – *Psilotum*, Shf – *Schefflera*, Zin – Zingiberaceae, Vac – *Vaccinium*, Wen – *Wendlandia*.

Второй слой имеет фрагментарную природу, развивается довольно хорошо, около 6–10 метров в высоту. Виды представляют собой структуру: *Aporusa villosa*, *Phyllanthus emblica* (Euphorbiaceae), *Engelhardia spicata* (Juglandaceae), *Vaccinium sprengelii* (Ericaceae), *Camellia caudata*, *Eurya trichocarpa* (Theaceae), *Castanopsis chinensis*, *Lithocarpus corneus* (Fagaceae), *Cinnamomum camphora* (Lauraceae), *Elaeocarpus grandiflorus* (Elaeocarpaceae), *Michelia balansae* (Magnoliaceae), *Wendlandia laotica* (Rubiaceae).

Виды вьющихся растений менее многочисленны, в основном представители рода *Fissistigma*, *Uvaria* (Annonaceae), *Mucuna* (Fabaceae) и *Gnetum* (Gnetaceae). Эпифитными видами являются, в основном, орхидеи, в том числе *Oberonia anceps*, *Cymbidium insigne* и *Dendrobium formosum*. На берегах ручьев с текущей водой *Psilotum nudum* (Psilotaceae) отмечен на стволе. Обнаружены полуэпифитные виды *Ficus* sp. (Moraceae) и *Schefflera* sp. (Araliaceae).

Травяной ярус хорошо растет. В данном типе леса доминируют травянистые растения, достигающие высоты 2,5 м. Представителями травянистого яруса являются виды подсемейств Gramineae и Bambusoideae, папоротник *Cibotium barometz* (Dicksoniaceae), *Dianella nemorosa* (Phormiaceae) и *Alpinia gagnepainii* (Zingiberaceae).

Среднегорный широколиственный субтропический лес (900–1800 м). Этот тип леса формируется на относительно большом склоне, обычно 20–30°. Слой почвы обильно покрывают ветви и листья. Граница между грунтовым слоем и почвой довольно четкая. Корневая система мощная, некоторые виды образуют опорные корни. Растения хорошо растут.

Растения достигают высоты 25–30 м, а по диаметру ствола около 50–80 см. Этот ярус во многих областях является однородным и почти непрерывным. Характеристики растений этого типа леса с высоты около 9 м создают плотный полог. В образовании участвуют *Betula alnoides*, *Carpinus poilanei* (Betulaceae), *Balacata baccata* (Euphorbiaceae), *Engelhardia spicata* (Juglandaceae), *Castanopsis annamensis*, *Lithocarpus corneus* (Fagaceae), *Elaeocarpus grandiflorus* (Elaeocarpaceae), *Michelia mediocris* (Magnoliaceae) и *Litsea griffithii* (Lauraceae).

Средний ярус высотой до 14 м по диаметру ствола 20–40 см. Этот ярус представлен *Symplocos cochinchinensis* (Symplocaceae), *Polyalthia nemoralis* (Annonaceae), *Vitex pinnata* (Verbenaceae), *Ficus* sp. (Moraceae), *Cinnamomum camphora* (Lauraceae), *Schefflera* sp., *Dendropanax chavalieri* (Araliaceae), *Hydnocarpus* sp. (Kiggelariaceae), *Dysoxylum cauliflorum* (Meliaceae).

Третий ярус фрагментирован, имеет высоту 2–4 м с участвующими видами *Antidesma ghaesembilla* (Euphorbiaceae), *Ardisia aciphylla* (Myrsinaceae), *Euodia leptota* (Rutaceae), *Pinanga* sp. (Palmae), *Sterculia lanceolata* (Sterculiaceae).

Богатые и разнообразные растения-лианы: *Aristolochia saccata* (Aristolochiaceae), *Embelia pulchella* (Myrsinaceae), *Ficus pumela* (Moraceae), *Medinilla pterocaula* (Melastomataceae), *Raphidospora vagabunda* (Acanthaceae), *Stauntonia cavaleriana* (Lardizabalaceae), *Artabotris* sp. (Annonaceae).

Эпифитные растения включают *Asplenium nidus* (Aspleniaceae), *Drynaria rigidula*, *Pyrrosia* sp. (Polypodiaceae), *Aeschinanthus moningeria* (Gesneriaceae), *Cyclosorus* sp. (Dryopteridaceae), *Nephrolepis biserrata* (Nephrolepidaceae), *Cerastostylis subulata*, *Eria* sp., *Oberhonia* sp. (Orchidaceae). Травяной слой развит слабо, растет одиночно, но довольно разнообразно с видами *Angiopteris evecta* (Marattiaceae), *Arisaema* sp. (Araceae), *Begonia* sp. (Begoniaceae), *Curculigo* sp. (Nyxoidaceae), *Cymbidium lancifolium*, *Daiswapolyphylla* (Trilliaceae), *Pandanus* sp. (Pandanaaceae), *Alpinia* sp. (Zingiberaceae).

2. *Широколиственный и хвойный смешанный лес на средней горе, высокой горе (с P. dalatensis; 1800–2300 м н.у.м.).* Такой лес часто формируется на горных ветвях с широкими вершинами. Горные склоны имеют крутой склон – 40–50°. Многие места на поверхности показывают скалу. Почва хорошо растет на толстом слое выветривания.

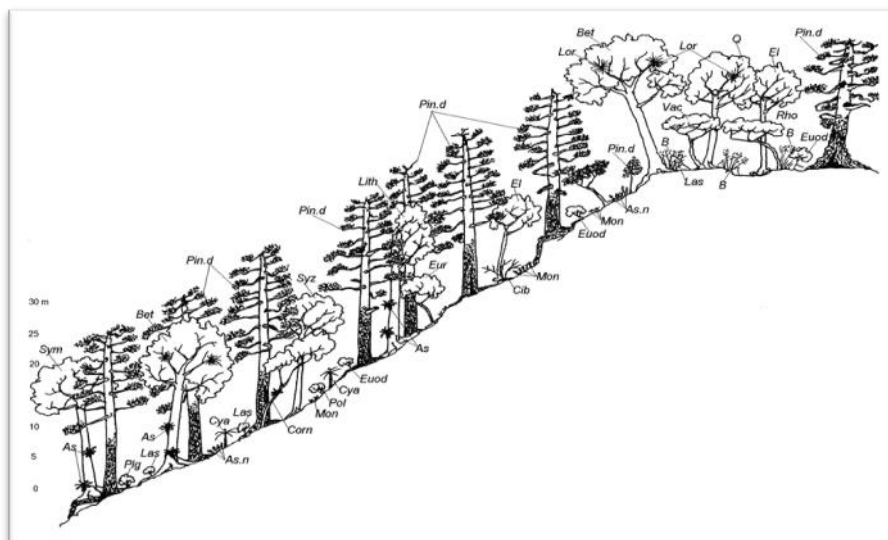


Рис. 4. Смешанный лес с участием *P. dalatensis* (Кузнецов, 2013)

Примечание: As – *Asplenium*, As. n – *Asplenium normale*, Bet – *Betula*, Cib – *Cibotium*, Cor – *Cornus*, Cya – *Cyathea*, Ei – *Elaeocarpus*, Eud – *Euodia*, Eur – *Eurya*, Las – *Lasianthus*, Lor – *Loranthaceae*, Lith – *Lithocarpus*, Mon – *Monotropastrum*, Pin.d – *P. dalatensis*, Plg – *Polygala*, Pol – *Polyalthia*, Q – *Quercus*, Rho – *Rhododendron*, Sym – *Symingtonia*, Syz – *Syzygium*.

Вблизи вершин *P. dalatensis* имеет высоту до 22 м, на склонах высотой до 30 м, диаметр ствола 50–80 см (максимум до 200 см), радиус навеса 5–8 м. Навес *P. dalatensis* часто перемежается с пологом других видов, горизонтальными ветвями. В приземном слое ветви и опавшие листья разнообразны наличием сосновых шишек.

На склоне горы есть направление на юго-восток на высоте 1900 м и более, особи *P. dalatensis* обычно больше по размеру. В зонах произрастания *P. dalatensis* наблюдается много побегов и молодой сосны. В этом лесу много старых мертвых деревьев. На склоне горы *P. dalatensis* является видом, который формирует формирующий слой леса.

Средний слой сообщества образован широколиственными видами, высотой до 20 м, с пологом вблизи или касанием. Виды этого слоя включают *Betula alnoides* (Betulaceae), *Quercus macrocalyx*, *Lithocarpus corneus* (Fagaceae), *Elaeocarpus griffithii* (Elaeocarpaceae), *Symingtonia populnea* (Hamamelidaceae), *Cinnamomum cambodianum*, *Cinnamomum* sp. (Lauraceae).

Нижний слой имеет высоту около 10 м, диаметр ствола 30 см. Ствол наклонен, а навес толстый. Популярным видом является *Rhododendron* sp., *Vaccinium* sp. (Ericaceae), *Syzygium chanlos* (Myrtaceae), *Polyalthia nemoralis* (Annonaceae), *Elaeocarpus griffithii* (Elaeocarpaceae), *Acer laurinum* (Aceraceae).

Четвертый слой фрагментирован, высотой 1,5–4 м с *Ardisia aciphylla* (Myrsinaceae), *Euodia leptota* (Rubiaceae), *Schefflera petelotii* (Araliaceae), *Polygala tonkinensis* (Polygalaceae), *Eurya japonica* (Theaceae) и *Lasianthus annamicus* (Rubiaceae).

легкосуглинистых почв и много выступающих на поверхность корней. Новый слой грунта достигает толщины 2–4 см. Под новым слоем находится прошлогодний слой толщиной 1–2 см. Саженьцы и молодые растения *P. dalatensis* встречаются на поверхности нового слоя.

Эпифитные растения в пологе *P. dalatensis* включают *Dendrobium formosum*, *D. christyanum*, *Bulbophyllum ngoclinensis* (Orchidaceae), *Vaccinium tonkinense* (Ericaceae) и папоротники (Hymenophyllaceae). Травяной слой типичен для *Arundinaria* sp. достигает до 2 м высотой и 1,5 см в диаметре.

Характеристика дифференциации растений по высоте горного хребта Нгок Линь. Растительность в горном массиве Нгок Линь четко показывает правило распределения по высоте: обнаружены определенные виды и роды для каждой высоты.

На высоте 900 м в смешанных лесах широколиственные деревья образуют доминирующие и разнообразные виды. С 1000 до 1500 м на склонах гор преобладает растительность с *P. kesiya* в молодых слоях почвы. Большое разнообразие в структуре леса отчетливо проявляется на 2000–2300 м. Здесь растения сильно дифференцированы; некоторые места мульти-доминантные, а некоторые места являются доминирующими с *P. dalatensis*.

В этом типе леса *P. dalatensis* играет доминирующую роль. *P. dalatensis* достигает в высоту до 35 м, диаметром от 90 до 120 см, распространен на плодородной и хорошо дренированной почве. Некоторые особи в исследуемой местности имеют диаметр ствола до 200 см. При сравнении с некоторыми особями в национальных парках Центрального нагорья, по своему размеру *P. dalatensis* в Нгок Линь имеет много общего с *P. dalatensis* в Национальном Парке Чу Янг Син, провинция Дак Лак (средний диаметр ствола взрослых деревьев составляет 120–130 см) [7], но больше, чем *P. dalatensis* в Национальном Парке Бидуп Нуи Ба, провинция Лам Донг (в Бидуп Нуи Ба средний диаметр взрослых деревьев составляет примерно 90–100 см) [13]. Однако в Парках Бидуп Нуи Ба и Чу Янг Син особи *P. dalatensis* распространяется только на возвышенности ниже 2000 м н.у.м. (ниже 1800 м н.у.м. в Бидупе и 1900 м н.у.м. в Чу Янг Син). Кроме того, в смешанных лесах в Бидуп Нуи Ба или Чу Янг Син, *P. dalatensis* сочетается с другими видами хвойных деревьев, такими как *Dukampopinus kempfii* (Pinaceae), *Dacrydium elatum*, *Podocarpus imbricatus* (Podocarpaceae) [7, 13].

В Нгок Линь, а также в Бидуп – Нуи Ба или Чу Янг Син высота и структура лесных деревьев строго зависят от условий произрастания: топографических характеристик, абсолютной высоты, глубины почвенного и слоистого выветривания, осушения почвы и направления местности [7, 13]. Стоит отметить, что при рассмотрении типов лесов на высоте 1900 м н.у.м. и более на территории Нгок Линь коэффициент направления местности (в основном на запад и восток) не имеет четкого различия в составе растений.

Результаты феноменологических наблюдений показывают, что деревья в молодом слое почвы и большинство древесных растений и лиан являются полностью листовыми видами. Многие виды регулярно меняют листья, другие полностью теряют листья в течение 2 месяцев. Наземный слой почвы формируется ежегодно за счет опада листьев и веток. На высоте 1500–1600 м н.у.м. опавшие

листья обычно полностью разлагаются в течение 1 года. На большей высоте - с 1900 по 2000 м н.у.м. происходит неполное разложение. На высоте до 2500 м н.у.м. растительный опад образует почвенный слой от 20 до 70–100 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Флора горы Нгок Линь отличается большим разнообразием и имеет стабильную и долгую историю развития. В районе исследований зарегистрировано 1127 видов, относящихся к 627 родам из 175 семейств, 59 порядков, 10 классов, 6 отделов. Покрытосеменные (*Magnoliophyta*) являются самым разнообразным отделом с общим количеством 145 семейств, 571 родов и 1031 видов, на которые приходится 82,39 % семейств, 91,07 % отделов и 91,48 % видов. Определено 80 видов из Красного списка МСОП и Красной книги Вьетнама 2007 года. Обнаружено 189 эндемичных видов, что составляет 16,24 % от общего числа видов.

Растительные сообщества имеют сложную структуру, состоящую из 3–4 ярусов в широколиственных и смешанных лесах. Голосеменные, особенно *P. kesiya* и *P. dalatensis*, участвуют в одной роли и доминируют в смешанных лесах (от 900 до 1800 м н.у.м. - *P. kesiya* и от 1800 до 2598 м н.у.м. - *P. dalatensis*).

Правило высотной поясности проявляется в структуре леса через видовой состав и структуру полога растений. Соответственно, наибольшее разнообразие растений сосредоточено с 2000–2300 м н.у.м., а наибольший древесный полог – с 1500 до 2000 м н.у.м.

Существует различие в распределении доминирующих видов хвойных деревьев между горой Нгок Линь, горой Чу Янг Син и горой Бидуп. На горе Нгок Линь *P. dalatensis* имеет более широкое распространение, более высокую доминантность с четкой ролью в формировании растительных компонентов в структуре леса на высоте более 2000 м н.у.м.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы хотели поблагодарить Совет генеральных директоров Вьетнамско-российского тропического центра за административную поддержку. Это исследование финансировалось в рамках проекта Координационного Комитета (КООРКОМа) по Российско-Вьетнамскому Тропическому сотрудничеству: «Сохранение, восстановление и устойчивое использование тропических лесных экосистем на основе изучения их структурно-функциональной организации». (Е.1.2).

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

Список литературы

1. Кузнецов А. Н. Структура и динамика муссонных тропических лесов Вьетнама / А. Н. Кузнецов // Диссертация доктора биологических наук. – Москва, 2016. – 554 с.
2. Ле Ч. Ч. Некоторые основные характеристики вьетнамской флоры / Ч. Ч. Ле – Ханой: Издательство науки и техники, 1999. – 307 с. (на вьетнамском).

3. Нгуен Д. Х. Особенности ландшафтной структуры естественного леса в Национальном Парке Бидупе – Нуи Ба, провинция Лам Донг/ Д. Х. Нгуен // Материалы 4-й Национальной конференции по экологии и биологическим ресурсам. – Ханой: Издательство «Сельское хозяйство», 2011. – С. 1581–1588. (на вьетнамском).
4. Нгуен Д. Х. Природно-географическая основа сохранения и управления биоразнообразием в Национальном Парке Бидупе – Нуи Ба, провинция Лам Донг / Д. Х. Нгуен // Материалы Национальной научной конференции музейной системы Вьетнама. – Ханой: Издательство науки и техники, 2011. – С. 386–392. (на вьетнамском).
5. Нгуен Д. Х. Биоразнообразие и экологические характеристики Национальный парк Бидуп – Нуи Ба / Нгуен Д. Х., Кузнецов А. Н. – Ханой: Издательство «Наука и техника», 2011 – 347 с. (на вьетнамском).
6. Нгуен Д. Х. Структурные особенности лесных ландшафтов в Природном заповеднике Нгок Линь / Д. Х. Нгуен, А. Н. Кузнецов // Материалы 9-й Национальной научной конференции по географии. – Ханой: Издательство «Наука и техника», 2016 – С. 386–392. (на вьетнамском).
7. Нгуен Д. Х. Роль топографических факторов в естественной дифференциации растительности в Национальном Парке Бидупе – Нуи Ба, провинция Лам Донг/ Д. Х. Нгуен, А. Н. Кузнецов // Материалы 3-й Национальной конференции по экологии и биологическим ресурсам. – Ханой: Издательство «Сельское хозяйство», 2009 – С. 1347–1352. (на вьетнамском).
8. Кон Тум Статистический Отдел. Статистический ежегодник провинции Кон Тум за 2016 год. – Кон Тум, 2017. – 404 с. (На вьетнамском и английском).
9. Фам Х. Х. Иллюстрированная флора Вьетнама. / Х. Х. Фам – Хошимин город: Издательский Дом «Тге», 1999. – 1776 с. (на вьетнамском и английском).
10. Нгуен Х. В. Биоклиматические диаграммы Вьетнама / Х. В. Нгуен, Т. Х. Нгуен, [и другие] - Ханой: Издательство Вьетнамского национального университета, 2000. – 126 с. (На вьетнамском и английском).
11. Ле Б. Т. Природа Вьетнама / Б. Т. Ле - Ханой: Вьетнамский образовательный издательский дом, 2003. – 324 с. (На вьетнамском).
12. Лю Т. А. Комплексное исследование деградации земель и опустынивания в Центральном нагорье и предложение измерений для устойчивого землепользования/ Т. А. Лю // Отчет о научном проекте TN3, Код темы: TN3 / T01, - Ханой: Институт географии Вьетнамской академии наук и технологий, 2015. (на вьетнамском).
13. Нгуен Д. Х. Исследование организации и структуры лесных экосистем в национальном парке Чу Ян Син для устойчивого сохранения, восстановления и использования/ Д. Х. Нгуен, А. Н. Кузнецов // Отчет о научном проекте. Ханой: Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, 2016. (на вьетнамском).

PLANTS DIVERSITY AND FOREST STRUCTURE DIFFERENTIATION BY ELEVATION IN NGOC LINH MOUNTAIN RANGE, KON TUM PROVINCE, VIETNAM

*Nguyen Dang Hoi¹, Dang Hung Cuong^{1,2}, Kolesnikov S. I.², Ngo Trung Dung¹,
Minnikova T. V.²*

¹*Institute of Tropical Ecology, Vietnam - Russian Tropical Center, Hanoi, Vietnam*

²*Academy of Biology and Biotechnology D.I. Ivanovsky, Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russia*

E-mail: loko261008@yandex.ru

Ngoc Linh mountain range with Ngoc Linh peak of 2598 m.a.s.l is an important part of forest ecosystems in Central – Highlands, Vietnam. Located on the complex terrain

with stable and long-term geological components, the plant communities here contain the diversity and originality of the high mountains and contiguous areas between Central and Central Highlands Vietnam. The study area covers 65571 hectares, of which Ngoc Linh Nature Reserve covers about 40500 hectares, spread over medium and high mountain terrain. Strongly divided terrain has created the richness, diversity, and originality of ecosystems, especially the structure of natural vegetation.

The article presents characteristics and differentiation of forest plantations in Ngoc Linh mountain area; study diversity, and conservation value of regional plant diversity resources; analyzing the characteristics and relationships of plants with geographical factors, especially the rules of elevation, slope, terrain direction, soil and drainage capacity of forest land. Comparison of similarities and differences with some other areas of the Central Highlands, especially the communities with the participation of coniferous plants. To implement the scientific content, various methods have been used. Among them are the main methods: Mapping method and Geographic Information Systems, Field survey methods and Phytogeography (Plant Geography) methods.

The study results recorded 1128 species of vascular plants, belong to 627 genera, 175 families, 59 orders, 10 classes, 6 divisions. The flora of Ngoc Linh mountainous area fully converges the vascular plants of the plants in Vietnam, in which the species mainly focus on Magnoliophyta. This is the most diverse division with a total of 145 families, 571 genera and 1032 species, accounting for 82,39 % of families, 91,07 % of genera, and 91,48 % of species. The comparison results show that the proportion between sectors in the plants of Ngoc Linh and the plants of Vietnam has the same structure, with quite similar proportions of dominant species group. Accordingly, the absolute advantage of the *Magnoliophyta* is from 91.48 % and 92.62 % respectively.

80 rare and precious species have been identified in the IUCN Red List and Vietnam's Red Data Book 2007. There are 189 endemic species of 135 genera of 66 families. In which there are 107 endemic species of Central Vietnam, the rest belong to Vietnam endemic. Some endemic species with high conservation significance is: *Panax vietnamense*, *P. dalatensis*, *Quercus langbianensis*.

The rules of distribution according to elevation are shown in the structure of plant communities through species composition and canopy structure of the forest. Accordingly, plant communities have a high diversity with complex structures, including 3–4 layers. At 900 m.a.s.l elevation, in mixed forests, broadleaf trees form multi-dominant and diverse species. From 1000–1500 m.a.s.l, on the mountainside terrain, the dominant vegetation with *P. kesiya* in the emergent layer. High diversity in forest structure clearly manifests at 2000–2300 m.a.s.l. Plants are strongly differentiated; some places are multi-dominant, and some places are dominant with *P. dalatensis*. The most diversity of plants is concentrated at an elevation of 2000–2300 m.a.s.l and the number of the most canopy spread from 1500–2000 m.a.s.l. Gymnosperms, especially *P. kesiya* and *P. dalatensis*, participate in single dominant and codominance roles in mixed forest communities. There are differences in the distribution of major conifer species forming plant communities in Ngoc Linh mountain range compared to Chu Yang Sin National Park and Bidoup – Nui Ba National Park in Central and South – Central Highlands. Accordingly, in Ngoc Linh,

P. dalatensis has a wider distribution area, higher dominance with a clear role in the formation of plant communities at elevations above 2000 m.a.s.l.

Keywords: Tropical forest, plant classification, vegetation map, canopy structure, elevational zonation, Ngoc Linh mountain range, Vietnam

References

1. Kuznetsov A. N. The structure and dynamics of the Vietnamese monsoon rainforests, Dissertation, 554 p. (Moscow, 2016). (In Russian)
2. Le T. C. Some basic characteristics of Vietnamese flora, 307 p. (Science and Technology Publishing House, Hanoi, 1999). (in Vietnamese)
3. Nguyen D. H. Landscape structure characteristics of natural forest in Bidoup - Nui Ba National Park, Lam Dong province, Proceedings of the 4th National conference on ecology and biological resources, edited by Chau V. M. (Agriculture Publishing House, Hanoi, 2011), p. 1581. (In Vietnamese)
4. Nguyen D. H. Natural geographical basis of biodiversity conservation and management at Bidoup – Nui Ba National Park, Lam Dong province, Proceedings of the National science conference of Vietnam nature museum system, edited by Pham V. L. (Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2011), p. 386. (In Vietnamese)
5. Nguyen D. H. and Kuznetsov A. N., Biodiversity and ecological characteristics Bidoup – Nui Ba National Park, 347 p. (Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2011). (In Vietnamese)
6. Nguyen D. H. and Kuznetsov A. N. Structural characters of forest landscapes in Ngoc Linh Natural Reserve, Kon Tum province, Proceedings of the 9th National Scientific Conference on Geography, edited by Nguyen C. H. (Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2016), p.386. (In Vietnamese)
7. Nguyen D. H. and Kuznetsov A. N. The role of topographic factors in natural vegetation differentiation in Bidoup – Nui Ba National Park, Lam Dong province, Proceedings of the 3rd National conference on ecology and biological resources, edited by Chau V.M. (Agriculture Publishing House, Hanoi, 2009), p. 1347. (in Vietnamese)
8. Kon Tum Statistics Office. Statistical yearbook of Kom Tum province in 2016, 404 p. (Kon Tum, 2017). (In Vietnamese and English)
9. Pham Hoang Ho. An Illustrated Flora of Vietnam, 1776 p. (Tre Publishing House, Ho Chi Minh City, 1999). (in Vietnamese and English)
10. Nguyen K. V., Nguyen T. H., Phan K. L., Nguyen T. H. Bioclimatic diagrams of Vietnam, 126 p. (Vietnam National University Publishing House, Hanoi, 2000). (In Vietnamese and English)
11. Le B. T. Nature of Vietnam, 324 p. (Vietnam Education Publishing House, Hanoi, 2003). (In Vietnamese)
12. Luu T. A. Integrated study on land degradation and desertification in the Central Highlands and proposal of measurements for sustainable land use, Scientific report. (Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, 2015). (In Vietnamese)
13. Nguyen Dang Hoi, Kuznetsov A. N. Study on the organization and structure of forest ecosystems in Chu Yang Sin National Park for sustainable conservation, restoration and use, Scientific report. (Vietnam – Russian Tropical Centre, Hanoi, 2016). (In Vietnamese)

УДК 582.28 (476)

**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ФИТОТРОФНЫХ
ОБЛИГАТНО-ПАЗАРИТНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ ЛАНДШАФТНО-
РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «НАУЧНЫЙ»**

Присянникова И. Б., Ивахненко А. С.

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

В результате проведенных исследований на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» Бахчисарайского района (Республика Крым, Россия) обнаружены 53 вида облигатно-паразитных грибов из 15 родов, 7 семейств, 5 порядков и классов, принадлежащих к трем отделам грибов и грибоподобных организмов. Фитотрофные облигатно-паразитные микромицеты зарегистрированы на 71 виде из 63 родов 25 семейств и 14 порядков отдела Покрытосеменные. Наибольшее количество видов паразитных грибов приходится на семейства Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae и Poaceae, что составляет 50,9 % от общего количества видов грибов-паразитов.

Ключевые слова: фитотрофная паразитная микобиота, аннотированный список, ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Научный», Горный Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Природная растительность Крымского полуострова весьма богата в видовом отношении и чрезвычайно разнообразна по типам растительных сообществ. Так, флора Крыма насчитывает 2536 видов и подвидов из 760 родов, 127 семейств и 5 отделов [1]. Рельеф, климат, разнообразие сосудистых растений и значительный набор экотопов Горного Крыма создают благоприятные условия для развития как самих растений, так и трофически тесно связанных с ними грибов-паразитов [2]. В связи с этим, в результате тщательного изучения список облигатных паразитов и питающих растений для Горного Крыма может быть расширен.

В качестве особо охраняемой территории ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Научный» Бахчисарайского района (Республика Крым, Россия) (далее – Парк) был учрежден 21 декабря 2011 года; его общая площадь составляет 965,0 га. Он расположен в пределах Внутренней гряды Крымских гор у пгт. Научный (муниципального образования Бахчисарайского района Республики Крым) и включает несколько плоских вершин водораздела между реками Бодрак и Кача высотой около 600 м н.у.м. (рис. 1). Территория Парка вытянута с юго-запада на восток на 2–3 км, а с юга на север – на 2–2,5 км, в нее входят сильно расчлененные облесенные хребты и балки. С северо-западной стороны граница территории Парка проходит вдоль бровки водораздела и прилегает к границам пгт Научный [ООПТ России, 2020].

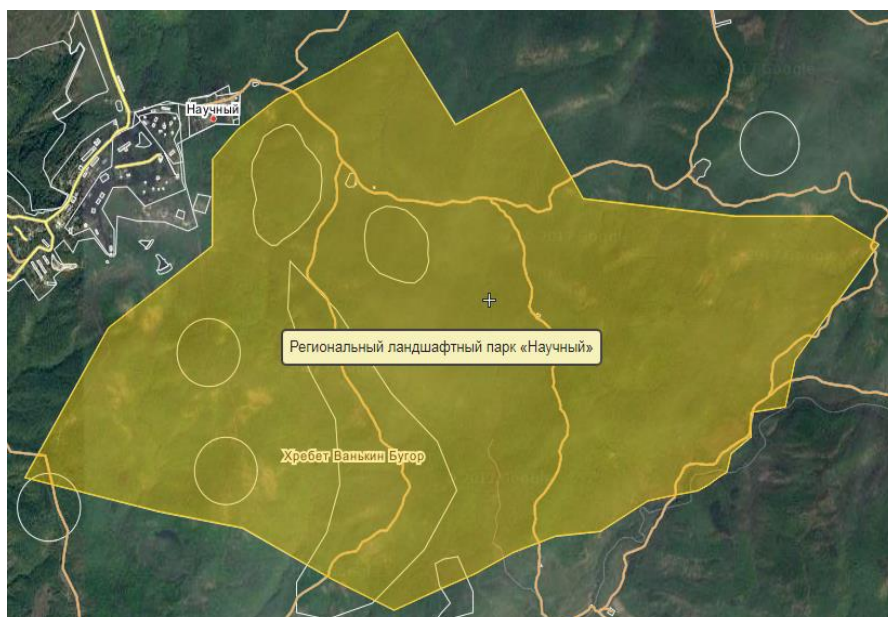


Рис. 1. Картограмма ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» (Республика Крым, Россия).
 [https://wikimapia.org/#lang=ru&lat=44.723137&lon=34.040623&z=14&m=b&search=научный%20].

Исследования фитотрофной паразитной микобиоты данной особо охраняемой природной территории (ООПТ) никогда ранее не проводились, в связи с чем с 2009 года нами была проведена первичная инвентаризация видового состава грибов-паразитов Парка. Первые данные об фитотрофных паразитных грибах на представителях дендрофлоры Парка были обобщены и опубликованы нами в 2013 году [4]. На исследуемой территории было зафиксировано 22 вида из 14 родов фитотрофных паразитных микромицетов: по 9 видов из порядка Erysiphales, 6 видов из порядка Rucciniales, 1 вид из порядка Rhytismatales, 3 вида из порядка Dothideales, по одному виду из порядков Diaporthales и Pleosporales и др.

В вегетационный период 2016 года исследование Парка было продолжено [5], что позволило существенно расширить список зарегистрированных видов. В частности, были обнаружены 141 вид фитопатогенных грибов, распределившихся по 74 родам паразитических грибов, принадлежащих двум отделам царства настоящие грибы (Fungi) и одному отделу грибоподобных организмов (ГРПО) (Chromista, Oomycota) был обнаружен единственный вид *Plasmopara viticola* Berk. & M. A. Curtis) Berl. & De Toni. На протяжении 2018–2019 гг. планомерное исследование территории Парка продолжилось, в связи с чем аннотированный список данной ООПТ пополнился новыми видами грибов-паразитов, развивающихся преимущественно на травянистых растениях отдела Покрытосеменные.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор образцов облигатных паразитов высших растений производился в течение осени 2018 года и вегетационного сезона 2019 года маршрутным методом в растительных сообществах Парка. Видовую идентификацию фитопатогенов проводили с использованием отечественных и зарубежных определителей и справочной литературы [6–14]. Таксономический статус видов грибов и грибоподобных организмов приведен согласно базам Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections (<https://nt.ars-grin.gov/fungalatabases/>), «Mycobank» (<http://www.mycobank.org>) и «Index Fungorum» (<http://www.indexfungorum.org>) [15–17]; видовые названия и таксономическое положение растений-хозяев представлены в соответствии со сводкой «The Plant List» (<http://www.theplantlist.org>) [18].

Больные растения или их части гербаризовали с составлением стандартных этикеток [12]. Материал исследовали методом световой микроскопии с помощью микроскопов прямого CX31RTSF, Olympus (Филиппины) и стереоскопического SZN71, Soptop (Китай).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного микологического исследования на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» обнаружены 53 вида из 15 родов, 7 семейств 5 порядков и 5 классов паразитных микромицетов, принадлежащих трем отделам грибов и грибоподобных организмов (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический состав облигатно-паразитных фитотрофных микромицетов ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный»

Отдел грибов и грибоподобных организмов (ГРПО)	Количество				Доля от общего числа родов, %	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
	классов	порядков	семейств	родов			
Oomycota (ГРПО)	1	1	1	2	13,3	2	3,8
Ascomycota	2	2	2	7	46,7	26	49,1
Basidiomycota	2	2	4	6	40,0	25	47,2
Всего	5	5	7	15	100,0	53	100,0

Исходя из данных таблицы 1, доминирующими на территории Парка являются представители царства Грибы (Fungi) из отделов Ascomycota и Basidiomycota – 26 и 25 видов соответственно для каждого отдела, подавляющее большинство которых относится к классу Leotiomycetes порядка Erysiphales (Ascomycota). В частности,

мучнисторосяные (эризифальные) грибы представлены 26 видами из семи родов: *Erysiphe* – 12 видов, *Podospaera* – 6, *Golovinomyces* – 4, *Phyllactinia*, *Neoerysiphe*, *Blumeria* представлены по одному виду, соответственно. Класс Sordariomycetes представлен 1 видом.

Второе место по количеству видов занимают паразитные микромицеты, относящиеся к классу Pucciniomycetes порядка Pucciniales (Basidiomycota). Ржавчинные грибы представлены 23 видами из пяти родов: *Puccinia* – 14 видов, *Phragmidium* – 4, *Coleosporium*, *Gymnosporangium* – по 2 вида, *Uromyces* – 1 вид.

Головневые грибы представлены двумя видами из родов *Sporisorium* и *Anthracoidea*, относящихся к одному семейству Ustilaginaceae порядка Ustilaginales класса Ustilaginomycetes. Класс Oomycetes отдела Oomycota (ГРПО) представлен двумя видами из двух родов (*Albugo*, *Pustula*) одного порядка: Albuginales.

Список видов фитотрофных микромицетов, зафиксированных на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный», приводится ниже. Для представителей порядков Erysiphales и Pucciniales в скобках указана стадия развития, в которой гриб обнаружен: для мучнисторосяных – анаморфа или телеоморфа; для ржавчинных: 0 – спермогоний, I – эций, II – урединий, III – телий; знаком «(!)» обозначены виды, указанные впервые для Крыма.

Отдел Oomycota

Класс Oomycetes

Порядок Albuginales

Семейство Albuginaceae

Albugo lepigoni (de Bary) Kuntze, Revis

на *Silene* sp. 13.10.2018, опушка дубово-грабового леса.

Pustula tragopogonis (Pers.) Thines

на *Lapsana communis* subsp. *intermedia* (M.Bieb.) Hayek, 13.10.2018, опушка дубово-грабового леса.

Отдел Ascomycota

Класс Leotiomycetes

Порядок Erysiphales

Семейство Erysiphaceae

Blumeria graminis (DC.) Speer

на *Bromus pectinatus* Thunb. (анаморфа), 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса; на *Dactylis glomerata* L. (анаморфа), 12.05.2019, обочина дороги.

Erysiphe alphitoides var. *alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam.

на *Quercus pubescens* Willd. (телеоморфа), 18.07.2019, дубово-грабовый лес.

Erysiphe arcuata U. Braun, Heluta & S. Takam.

на *Carpinus betulus* L. (телеоморфа), 18.07.2019, дубово-грабовый лес.

Erysiphe astragali DC.

на *Astragalus glycyphyllos* L. (телеоморфа), 20.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу.

Erysiphe convolvuli DC.

на *Convolvulus arvensis* L. (анаморфа), 30.06.2019, 16.07.2019, обочина дороги.

Erysiphe cruciferarum Opiz ex L. Junell.

на *Glaucium corniculatum* (L.) Curtis. (анаморфа), 18.07.2019, сухой склон.

***Erysiphe euonymi* DC.**

на *Euonymus latifolius* (L.) Mill. (телеоморфа), 18.07.2019, грабовый лес; на *Euonymus europaeus* L. (телеоморфа), 18.07.2019, грабовый лес.

***Erysiphe heraclei* DC.**

на *Heracleum sphondylium* subsp. *sibiricum* (L.) Simonk. (анаморфа), 13.10.2018, опушка дубово-грабового леса, (телеоморфа), 20.07.2019, обочина дороги; на *Falcaria vulgaris* Bernh. (анаморфа), 16.07.2019, опушка дубово-грабового леса.

***Erysiphe pisi* var. *pisii* DC.**

на *Vicia tenuifolia* subsp. *dalmatica* (A. Kern.) Greuter. (телеоморфа), 16.07.2019, опушка дубово-грабового леса; на *Lotus corniculatus* L. (анаморфа), 16.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу; на *Medicago falcata* L. (анаморфа), 20.07.2019, поляна в дубово-грабовом.

***Erysiphe polygoni* DC.**

на *Polygonum aviculare* L. (телеоморфа), 13.10.2018, поляна у озера; на *Rumex crispus* L. (анаморфа), 13.10.2018, 30.06.2019, 24.07.2019, обочина дороги.

***Erysiphe syringae-japonicae* (U. Braun) U. Braun & S. Takam.**

на *Syringa* sp. (телеоморфа), 18.07.2019, обочина дороги.

***Erysiphe trifoliorum* (Wallr.) U. Braun**

на *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (анаморфа), 22.07.2019, обочина дороги; на *Lathyrus laxiflorus* (Desf.) Kuntze. (анаморфа), 22.07.2019, поляна; на *Trifolium* sp. (анаморфа), 13.10.2018, опушка дубово-грабового леса; на *Trifolium arvense* L. (анаморфа), 23.07.2019, поляна; на *Trifolium campestre* Schreb. (анаморфа), 20.07.2019, поляна в дубово-грабово-ясеневом лесу.

***Erysiphe ulmi* Castagne**

на *Ulmus glabra* Huds. (телеоморфа), 13.10.2018, 20.07.2019, дубово-грабово-ясеневый лес; на *Ulmus elliptica* K.Koch. (телеоморфа), 13.10.2018, 20.07.2019, дубово-грабово-ясеневый лес.

***Golovinomyces cichoracearum* (Ehrenb.) Heluta**

на *Sonchus arvensis* L. (анаморфа), 13.10.2019, обочина дороги; на *Cichorium intybus* L. (телеоморфа), 20.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу; на *Picris hieracioides* L. (анаморфа), 20.07.2019, обочина дороги.

***Golovinomyces depressus* (Wallr.) Heluta**

на *Cirsium arvense* (L.) Scop. (= *Cirsium incanum* (S.G.Gmel.) Fisch. ex M. Bieb.) (анаморфа), 13.10.2018, обочина дороги; на *Arctium lappa* L. (анаморфа), 13.10.2018, 20.07.2019, обочина дороги.

***Golovinomyces riedlianus* (Speer) Heluta**

на *Galium verum* L. (анаморфа), 18.07.2019, поляна в дубово-грабово-ясеневом лесу.

***Golovinomyces simplex* (V.P. Heluta) V.P. Heluta**

на *Salvia verticillata* L. (анаморфа), 23.07.2019, обочина дороги.

***Neoerysiphe galeopsidis* (DC.) U. Braun.**

на *Lamium purpureum* L. (анаморфа), 13.10.2018, поляна у дороги.

***Phyllactinia fraxini* (DC.) Fuss.**

на *Fraxinus excelsior* L. (телеоморфа), 13.10.2018, дубово-грабовый лес.

Podosphaera aphanis* var. *aphanis (Wallr.) U. Braun & S. Takam.

на *Agrimonia eupatoria* L. (анаморфа), 22.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу; на *Geum urbanum* L. (анаморфа), 20.07.2019, обочина дороги; на *Potentilla recta* L. (анаморфа), 20.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу.

Podosphaera euphorbiae (Castagne) U. Braun & S. Takam.

на *Euphorbia lamarckii* Sweet (= *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.) (анаморфа), 20.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу.

Podosphaera ferruginea* var. *ferruginea (Schltldl. : Fr.) U. Braun & S. Takam.

на *Sanguisorba minor* subsp. *magnolii* (Spach) Briq. (= *Poterium polygamum* Waldst. et Kit.) (анаморфа), 20.07.2019, опушка дубово-грабового леса.

Podosphaera fusca (Fr. : Fr.) U. Braun & S. Takam.

на *Melampyrum arvense* L. (телеоморфа), 20.07.2019, обочина дороги.

Podosphaera helianthemi (L. Junell) U. Braun & S. Takam.

на *Helianthemum orientale* Juz. & Pozd. (анаморфа), 20.07.2019, лесная поляна.

Podosphaera plantaginis (Castagne) U. Braun & S. Takam.

на *Plantago major* L. (анаморфа), 20.07.2019, обочина дороги; на *Plantago media* L. (анаморфа), 13.10.2018, обочина дороги.

Класс Sordariomycetes

Порядок Нурocreales

Семейство Clavicipitaceae

Epichloe typhina (Pers.) Tul. & C. Tul.

на *Poa sterilis* M.Bieb., *Poa nemoralis* L. 30.06.2019, дубово-грабово-ясеневый лес; на *Phleum phleoides* (L.) H.Karst. 30.06.2019, опушка в сосновом лесу.

Отдел Basidiomycota

Класс Pucciniomycetes

Порядок Pucciniales

Семейство Coleosporiaceae

Coleosporium campanulae (Pers.: Pers.) Tul.

на *Campanula bononiensis* L., 18.07.2019, опушка дубово-грабового леса.

Coleosporium inulae Rabenh.

на *Inula aspera* Poir. (II), 20.07.2019, опушка дубово-грабового леса.

Семейство Phragmidiaceae

Phragmidium fragariae (Rabenh.) Ces.

на *Fragaria* sp. (II, III), 30.06.2019, опушка дубово-грабового леса, осыпной склон.

Phragmidium mucronatum (Pers.) Schltldl

на *Rosa canina* L. (II, III), 13.10.18, (III), 20.07.2019, дубово-грабовый лес у озера.

Phragmidium potentillae (Pers. : Pers.) P. Karst.

на *Potentilla recta* L. (II, III), 30.06.2019, обочина дороги; на *Potentilla argentea* L. (II), 20.07.2019, опушка дубово-грабового леса.

Phragmidium violaceum (Schultz) G. Winter

на *Rubus caesius* L. (III), 18.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу.

Семейство Pucciniaceae

Gymnosporangium confusum Plowr.

на *Crataegus microphylla* K.Koch (III), 12.05.2019, дубово-грабовый лес.

- Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter
на *Pyrus communis* L. (I), 12.05.2019, у озера.
- Puccinia brachypodii* G.H. Oth.
на *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P.Beauv. (I), 16.07.2019, дубово-грабово-ясеневый лес.
- Puccinia caricis* Rebent.
на *Carex divisa* Huds. (II), 12.06.2019, 18.07.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia graminis* Pers.
на *Berberis vulgaris* L. (O), 12.05.2019, дубово-грабовый лес, на *Elymus repens* (L.) Gould. (III), 16.07.2019, опушка дубово-грабового леса;
(!) *Puccinia heterospora* Berk. & M.A. Curtis
на *Malva erecta* J. Presl & C. Presl. (III), 13.10.2018, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Puccinia hieracii* (Röhl.) H. Mart.
на *Centaurea jacea* L. (III), 13.10.2018, опушка дубово-грабового леса; на *Taraxacum campyloides* G.E.Haglund (= *Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) (II), 20.07.2019, поляна в дубово-грабово-ясеневом лесу.
- Puccinia lapsanae* Fuckel
на *Lapsana communis* subsp. *intermedia* (M.Bieb.) Hayek, (III), 13.10.2018, (II), 12.05.2019, обочина дороги.
- Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont.
на *Malva erecta* J. Presl & C. Presl. (III), 13.10.2018, 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса; на *Althaea hirsuta* L. (I), 20.07.2019, поляна в дубово-грабовом лесу.
- Puccinia menthae* Pers.
на *Clinopodium vulgare* L. (II), 18.07.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia physospermi* Pass.
на *Physospermum cornubiense* (L.) DC. (II), 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia poarum* P. Nielsen
на *Poa pratensis* L. (II), 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia recondita* Roberge ex Desm.
на *Clematis vitalba* L. (II), 20.07.2019, опушка дубово-грабового леса; на *Dactylis glomerata* L. (II), 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia scillae-rubrae* Cruchet
на *Scilla bifolia* L. (I, II), 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia tanacetii* DC.
на *Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop. (III), 20.07.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Puccinia tenuispora* McAlpine
на *Luzula forsteri* (Sm.) DC. (II), 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Uromyces viciae-craccaae* Const.
на *Lathyrus rotundifolius* Willd. (II), 12.05.2019, опушка дубово-грабового леса.
- Класс Ustilaginomycetes**
Порядок Ustilaginales
Семейство Ustilaginaceae

Sporisorium andropogonis (Opiz) Vánky
на *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, 30.06.2019, сухой склон.
Anthracoidea pratensis (Syd.) Boidol & Poelt
на *Carex divisa* Huds., 30.06.2019, поляна в сосновом лесу.

Фитотрофные облигатно-паразитные микромицеты зарегистрированы на 71 виде из 63 родов 25 семейств 14 порядков отдела Покрытосеменные, преимущественно класса Magnoliopsida (22 семейства); класс Liliopsida представлен тремя семействами: Asparagaceae, Cyperaceae и Poaceae. Количественное распределение видов растений-хозяев и поражающих их грибов-паразитов по семействам высших растений представлено в табл. 2, из данных которой видно, что больше всего видов паразитных грибов зарегистрировано на представителях семейств Rosaceae и Asteraceae, а также Poaceae (7, 7 и 8 видов паразитных микромицетов соответственно для каждого семейства), 5 видов зарегистрированы на представителях семейства Fabaceae.

Таблица 2
Распределение фитотрофных облигатно-паразитных микромицетов по семействам растений-хозяев

№ п/п	Семейство растений-хозяев	Количество		№ п/п	Семейство растений-хозяев	Количество	
		видов растений-хозяев	видов грибов			видов растений-хозяев	видов грибов
1.	Ariaceae	3	2	14.	Fagaceae	1	1
2.	Asparagaceae	1	1	15.	Lamiaceae	3	3
3.	Asteraceae	10	7	16.	Malvaceae	2	2
4.	Berberidaceae	1	1	17.	Oleaceae	2	2
5.	Betulaceae	1	1	18.	Orobanchaceae	1	1
6.	Campanulaceae	1	1	19.	Papaveraceae	1	1
7.	Caryophyllaceae	1	1	20.	Plantaginaceae	2	1
8.	Celastraceae	2	1	21.	Poaceae	9	7
9.	Cistaceae	1	1	22.	Polygonaceae	2	2
10.	Convolvulaceae	1	1	23.	Ranunculaceae	1	1
11.	Cyperaceae	1	2	24.	Rosaceae	10	8
12.	Euphorbiaceae	1	1	25.	Ulmaceae	2	1
13.	Fabaceae	11	5				

Эти же семейства лидируют и по количеству видов растений-хозяев фитотрофных микромицетов на территории Парка (табл. 2).

Сведения о распределении видов облигатно-паразитных грибов по семействам растений-хозяев в процентном отношении отражены на рис. 3. Наибольшее

количество видов паразитных грибов приходится на семейства Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae и Poaceae что составляет 50,9 % от общего числа обнаруженных видов.

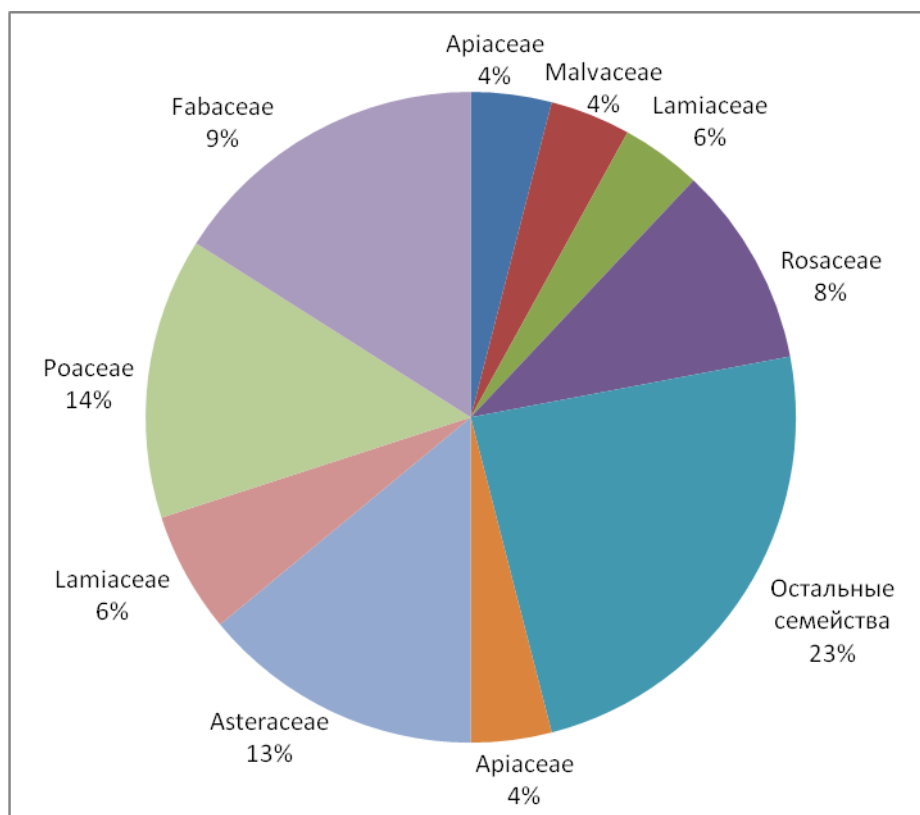


Рис. 3. Соотношение семейств растений-хозяев ландшафтно-рекреационного парка пгт. Научный Бахчисарайского района Республики Крым, %.

Ржавчинный гриб *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. является широко распространённым грибом для Крымского полуострова на *Malva erecta* J. Presl & C. Presl. и его можно обнаружить на территории большинства природных зон Крыма (данный вид не отмечен лишь в Степном Крыму) [2]. На территории Парка на *M. erecta* нами был выявлен новый для Крыма вид ржавчинного гриба *Puccinia heterospora* Berk. & M. A. Curtis. Известно, что *Puccinia heterospora* паразитирует на представителях семейства Malvaceae (*Malva sylvestris* L., *Alcea rosea* L., видах родов: *Hibiscus* L., *Abutilon* Mill. и др.) [15]. Анализ данных литературы показал, что развитие *P. heterospora* на растении-хозяине *M. erecta* ранее для Крыма не было отмечено [2]. Следует отметить, что ржавчинный гриб *P. heterospora* был обнаружен на новом виде питающего растения – *Malva erecta*. В нашей предыдущей работе [19] было отмечено, что телии *P. heterospora* развиваются на нижней стороне листьев, на черешках листьев и стеблях *Malva erecta*, имеют красновато-

коричневую окраску, рассеянные, выпуклые. Телиоспоры *P. heterospora* желтовато-коричневого цвета, эллипсоидальные, на вершине и у основания округлые, у перегородки слабо перетянутые или без перетяжки часто с верхушечными порами; мелкободавчатые, ножка бесцветная, короткая и ломкая. Размеры телиоспор: 22–32 × 17–25 мкм, размеры мезоспор: 20–21 × 17–20 мкм; толщина клеточных стенок телиоспор составляет 1,5–3 мкм. Таким образом, обнаружение двух видов ржавчинных грибов на одном питающем растении *Malva erecta* представляет микологический интерес, поскольку имеет теоретическое значение для познания процессов миграции грибов в пределах природных зон Крымского полуострова и позволяют решать вопросы ареалогии грибов.

На основании изложенного можно сделать вывод, что четыре наиболее поражаемых фитотрофными микромицетами семейств цветковых растений (Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae и Poaceae) играют большую роль в сложении растительных сообществ Парка, эти же семейства являются лидерами видов растений-хозяев паразитных микромицетов на территории охраняемого участка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных исследований на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» Бахчисарайского района (Республика Крым, Россия) обнаружены 53 вида облигатно-паразитных грибов из 15 родов, 7 семейств, 5 порядков и 5 классов, принадлежащих к трем отделам грибов и грибоподобных организмов.
2. Фитотрофные облигатно-паразитные микромицеты зарегистрированы на 71 виде из 63 родов 25 семейств 14 порядков отдела Покрытосеменные. Наибольшее количество видов паразитных грибов приходится на семейства Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae и Poaceae, что составляет 50,9 % от общего количества видов грибов-паразитов.

Список литературы

1. Ена А. В. Природная флора Крымского полуострова / А. В. Ена. – Симферополь : Н. Орианда, 2012. – 232 с.
2. Дудка І. О. Гриби природних зон Криму / І. О. Дудка, В. П. Гелюта, Ю. А. Тихоненко [и др.]. [під ред. І. О. Дудки]. – Київ : Фітосоціоцентр, 2004. – 452 с.
3. ООПТ России [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oopt.aari.ru/oopt/Научный> (дата обращения: 03.03.2020).
4. Просяникова И. Б. Фитотрофные паразитические микромицеты дендропарка Крымской астрофизической обсерватории (пгт. Научный, Крым, Украина) / И. Б. Просяникова // Сб. статей II Международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты» (12–14 ноября 2013 г., Минск, Республика Беларусь). – Минск : изд. центр БГУ, 2013. – С. 110–113.
5. Просяникова И. Б. Видовой состав фитопатогенных микромицетов дендрофлоры регионального ландшафтного парка «Научный» (Республика Крым, Бахчисарайский район). / И. Б. Просяникова, Т. С. Булгаков // 10-я международная конференция «Проблемы лесной фитопатологии и микологии», посвященная 80-летию со дня рождения д.б.н. Виталия Ивановича Крутова (15–19 октября 2018 г., г. Петрозаводск), Институт леса Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2018. – С. 150–153.

6. Купревич В. Ф. Определитель ржавчинных грибов СССР. / В. Ф. Купревич, В. И. Ульянищев. – Минск Наука и техника, 1975. – Ч. 1. – 485 с.
7. Ульянищев В. И. Определитель ржавчинных грибов СССР / В. И. Ульянищев – Л. : Наука, 1978. – Ч. 2. – 384 с.
8. Станявичене С. А. Пероноспоровые грибы Прибалтики / С. А. Станявичене. – Вильнюс : Мокслас, 1984. – 208 с.
9. Гелюта В. П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы / В. П. Гелюта. – Киев : Наук. думка, 1989 – 256 с.
10. Каратыгин И. В. Определитель грибов СССР. Порядок Головневые. Семейство Устилаговые / И. В. Каратыгин, З. М. Азбукина. – Л. : Наука, 1989. – Вып. 1. – 220 с.
11. Азбукина З. М. Порядок Ржавчинные. 1. Семейства Пукциниастровые, Кронарциевые, Мелампсоровые, Факоспоровые, Чакониевые, Микронегериевые (Определитель грибов России) / З. М. Азбукина. – Владивосток : Дальнаука, 2015. – 281 с.
12. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель / Е. Ю. Благовещенская. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 240 с.
13. Termorshuizen A. J. Roesten van Nederland / A. J. Termorshuizen, C. A. Swertz. – Dutch Rust Fungi, 2011. – 423 p.
14. 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.
15. Fungal Databases. [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (дата обращения: 05.03.2020).
16. Mycobank Database [электронный ресурс]. 2004. Режим доступа: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 04.03.2020).
17. Index Fungorum [электронный ресурс]. 2003. Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org> [веб-сайт, версия 1.00] (дата обращения: 04.03.2020).
18. The Plant list [электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org> / (дата обращения: 04.03.2020).
19. Ивахненко А. С. [электронный ресурс]. Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2019/data/16082/84786_uid326032_report.pdf

**INVENTORY OF THE SPECIES COMPOSITION OF PHYTOTROPHIC
OBLIGATORY-PARASITIC MICROMYCETES OF THE LANDSCAPE
RECREATION PARK OF REGIONAL VALUE “NAUCHNY”**

Prosyannikova I. B., Ivakhnenko A. S.

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

The aim of our work is to study the composition of phytotrophic obligate parasitic micromycetes on the territory of the landscape recreation park of regional value “Nauchny”. The herbarium specimens of parasitic fungi on higher plants were collected during the vegetative seasons of 2018–2019 using a detailed-routing method in plant communities. The collected material was processed using the common method [6–12]. The nomenclature of micromycetes corresponds to the international databases, such as: «Fungal Databases», «Mycobank» and «Index fungorum» [15–17]. As a result of mycological study of 53 phytotrophic parasitic fungi species belonging to 15 genera of 7

families, 5 orders, 7 classes and 3 divisions of fungi and fungi-like organisms were found. The highest number of genera (7; 46.7 % of total number) and species (26; 49.1 % of total number) are recorded in Ascomycota division. The Basidiomycota division is represented by 6 genera (40.0 % of total genera number) and 25 species (47.2 %). The Oomycota division – 2 genera (13.3 %) and 2 species (3.8 % of total species number). We observed species of fungi listed on the representatives of the 25 families of higher plants (division Magnoliophyta – 25), mostly Dicotyledons (Magnoliopsida) class – 22 families; Monocots class (Liliopsida) represented by three families – Asparagaceae, Poaceae and Cyperaceae. The largest number of species of fungi belongs to the families Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae and Poaceae (27 species), which is 50.9 % of the total number of species of fungi-parasites. Phytotrophic fungi on the territory of the landscape recreation park of regional value “Nauchny” on 71 species of host plants of 25 families, 14 orders, two classes and one division of higher plants were found. The four families of flowering plants (Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae and Poaceae) 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, landscape recreation park of regional value “Nauchny”, Mountain Crimea.

References

1. Yena A. V. *The natural flora of the Crimean peninsula*, 232 p. (Publishing house N. Orianda, Simferopol, 2012).
2. Dudka I. O., Geluta V. P., Tichonenko Y. A. et al. *Fungi natural areas Crimea* (Institute of botany named after M.G. Cholododny), 452 p. (Phytosotsiotsentr, Kiev, 2004).
3. Protected areas of Russia. [electronic resource]. Access mode: <http://oopt.aari.ru/oopt/Scientific> (accessed: 03.03.2020).
4. Prosyannikova I. B. *Phytotrophic parasitic micromycetes of the arboretum of the Crimean Astrophysical Observatory (village Nauchny, Crimea, Ukraine)*, Abstracts of II International Conference “Actual problems of the study and conservation of phyto- and mycobiota” (Publishing center of BSU, Minsk, Republic of Belarus, 2013), p. 110.
5. Prosyannikova I. B., Bulgakov T. S. *The species composition of phytopathogenic micromycetes dendroflora of the regional landscape park “Nauchny” (Republic of Crimea, Bakhchisarai district)*, 10th International Conference "Problems of Forest Phytopathology and Mycology", dedicated to the 80th birthday of Dr. Sc. Vitaly Ivanovich Krutov (Forest Institute of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, 2018), p. 150.
6. Kuprevich V. F., Ulyanischev V. I. *Determinant of rust fungi of the USSR*, 485 p. (Science and Technology, Minsk, 1975).
7. Ulyanischev V. I. *Determinant of rust fungi of the USSR*, 384 p. (Leningrad: Publishing House of Science, 1978).
8. Stanyavichene S. A. *Peronosporales fungi of Baltic*, 208 p. (Publishing House Mokslas, Vilnius, 1984).
9. Gelyuta V. P. *Flora of Ukraine fungi. Powdery mildews fungi*, 256 p. (Publishing House of Sciences Dumka, Kiev, 1989).
10. Karatygin I. V., Azbukina Z. M. *The determinant of the fungi USSR. Order of Smut, Ustilagaceae of family*, Issue 1., 220 p. (Publishing House of Science, Leningrad, 1989).

11. 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*, 281 p. (Dal'nauka, Vladivostok, 2015).
12. Blagoveshchenskaya E. Y. *Phytopathogenic micromycetes: educational guide*, 240 p. (Publishing house Lenand, Moskow, 2015).
13. Termorshuizen A. J., Swertz C. A. *Roesten van Nederland*, 423 p. (Dutch Rust Fungi, 2011).
14. Braun U., Cook R. T. A. *Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)* (Publishing House CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands), **11**, 707 (2012).
15. Fungal Databases. [electronic resource]. Access mode: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (reference date: 05.03.2020).
16. Mycobank Database [electronic resource]. 2004. Access mode: <http://www.mycobank.org> (reference date: 04.03.2020).
17. Index Fungorum [electronic resource]. 2003. Access mode: <http://www.indexfungorum.org> [веб-сайт, версия 1.00] (reference date: 04.03.2020).
18. The Plant list [electronic resource]. 2013. Access mode: <http://www.theplantlist.org/> (reference date: 04.03.2020).
19. Ivakhnenko A. S. [electronic resource]. Access mode: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2019/data/16082/84786_uid326032_report.pdf

УДК 574.472(477.75):595.767.18

К АНАЛИЗУ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МЕЛОИДОФАУНЫ (INSECTA: MELOIDAE) ОСНОВНЫХ ЭКОЦЕНТРОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ КРЫМА

Пышкин В. Б.^{1,2}, Кобечинская В. Г.¹, Прыгунова И. Л.²

¹*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОВ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

²*Филиал Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, Севастополь, Республика Крым, Россия*

E-mail: vpbisgrim@mail.ru

Созданная в рамках программы *CrimInsecta* база данных по таксономии, экологии, биологии и хорологии мелоид (*Meloidae*) Крыма позволила выделить энтомологические комплексы экосистем основных экоцентров региональной экологической сети полуострова, изучить структуру и особенности формирования этих комплексов. Оценить их видовое и таксономическое богатство, иерархическое разнообразие и сложность.

Ключевые слова: Крым, экосистема, экоцентр, насекомые, иерархическое разнообразие, сложность, таксономическое и видовое богатство, мелоиды.

ВВЕДЕНИЕ

Крымский полуостров, расположенный на стыке умеренных и субтропических широт, имеет широкий спектр ландшафтных зон от полупустынь в его степной части до широколиственных лесов в горной. Сложное геологическое строение и развитие полуострова, рельефа, климата послужило основой для формирования здесь большой мозаичности экосистем и их биотопов. Поэтому биологическое разнообразие фауны формировалось на протяжении длительной эволюции ландшафтов полуострова и является его важнейшим природным ресурсом. Для его сохранения и охраны в 2014 году была принята «Программа формирования региональной экологической сети Крыма». Она объединяет 21 экоцентр полуострова, ядра которых формируют 152 объекта природно-заповедного фонда. Их площадь достигает 155 тыс. га – это около 5,7 % от общей площади полуострова. Биоразнообразие растений, млекопитающих, птиц и рептилий экоцентров хорошо изучено. Однако разнообразие насекомых, которые составляют ядро биоразнообразия Крыма (около 10 тыс. уже описанных видов) все ещё остается мало изученным. К ним относятся и мелоиды или нарывники (*Meloidae*) – одно из небольших семейств отряда жесткокрылые (*Coleoptera*). В мировой фауне насчитывают около 2000 видов, из которых около 100 встречаются в России. На Крымском полуострове они широко распространены в экосистемах Степной и Горной провинций. Взрослые жуки относятся к фитофагам, многие из которых являются вредителями сельскохозяйственных культур и лесных насаждений.

Их личинки – энтомофаги, которые паразитируют в гнездах перепончатокрылых и прямокрылых, поэтому являются важными регуляторами численности вредителей и опылителей в экосистемах Крыма. Несмотря на многообразное практическое значение нарывников, фауна полуострова по этой группе практически не изучена. Имеются всего несколько раритетных публикаций, вышедших еще в начале и середине прошлого столетия, в которых приводится список известных на тот момент видов мелоид полуострова [1, 2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение разнообразия мелоид Крыма проводилось в рамках проекта *BisCrim* (БиоИнформационная Система Крыма). Его основу представляет банк баз данных, сложная структура которого является информационным отражением состава, состояния, взаимообусловленности и взаимосвязи всех компонентов экосистем полуострова, включая насекомых [3]. Создание баз данных насекомых в проекте *BisCrim* проводится по программе *CrimInsecta* – информационная система, предназначенная для сбора, хранения и объединения авторских разработок по видовому составу, экологии, хорологии и биоразнообразию насекомых Крыма, для которых достоверно известны пространственные координаты их нахождения [4]. Организационной основой базы данных «*Meloidae*» являются материалы фондовой коллекций Таврической академии Крымского федерального университета, Института Зоологии АН России, Зоологического музея Днепропетровского национального университета, многих частных коллекций, а также литературные источники [5–7 и др.]. В комплексной оценке разнообразия *Meloidae* в экосистемах полуострова применялись алгоритмы, рекомендованные Е. Г. Емельяновым [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Созданная база данных «*Meloidae*» включает сведения о 47 видах, объединяемых в 12 родов, 7 триб и 2 подсемейства. По таксономическому разнообразию мелоидофауны полуострова доминирует подсемейство *Meloinae* Gyllenhal, 1810, представленное 34 видами из 7 родов и 4 триб. В подсемействе наибольшим видовым богатством обладает триба *Meloini* Blanchard, 1845, все виды которой относятся к одному роду *Meloe* Linnaeus, 1758. Второе подсемейство мелоид Крыма - *Zonitidinae* менее богато видами, но также разнообразно в таксономическом отношении, как и подсемейство *Meloinae*. Оно объединяет 2 трибы с 4 родами, включающими 13 видов, из которых 10 относятся к трибе *Zonitidini* Mulsant, 1857. Наиболее богат видами роды *Euzoniis* Semenov, 1893, в который входят 5 видов и род *Euzoniis* Semenov, 1893 с 4 видами.

Ядром крымской мелоидофауны являются средиземноморские (53,5 % видов фауны) и европейские (23,3 %) виды, что говорит о тесной связи фауны нарывников Крыма и данных регионов. Небольшое участие в формировании комплекса принимают древне-средиземноморские (9,3 %), восточно-средиземноморские (4,7 %) и среднеазиатские (7,0 %) представители.

Большинство (59 %) жуков мелоид Крыма относятся к филлофагам (*Meloe*, *Mylabris*), меньше (27 %) к антофагам (*Cerocoma*, *Stenodera*, *Zonilis*) и (14 %) поллинофагам. На личиночной стадии жуки питаются запасами одиночных пчел (*Meloe*, *Lydus*, *Zonilis*) поедают запасы, которые собрали для своих личинок роющие осы (*Cerocoma*), а также развиваются за счет яиц саранчовых (*Mylabris*, *Alosimus*).

Все обитающие в Крыму виды мелоид, относятся к мезофильной и ксерофильной гигроморфам, в пределах которых доминируют луговые мезофилы (26,7 %), эврибионтные ксерофилы (24,4 %), эврибионтные (20,0 %) и степные (17,8 %) мезофилы. Незначительно представлены в крымской фауне степные ксерофилы (6,7 %) и лесные мезофилы (2,4 %).

Практически все взрослые нарывники относятся к фитофагам, питающимся молодыми листьями (*Meloe*, *Lytta*, *Epicauta*, *Alosimus*), цветами (*Alosimus*, *Mylabris*), пыльцой и нектаром (*Cerocoma*, *Euzonitis*, *Apalus*, *Sitaris* и др.). Преимущественно на растениях семейств: маревых (*Chenopodiaceae*), мотыльковых (*Fabaceae*), пасленовых (*Solanaceae*), сложноцветных (*Asteraceae*), крестоцветных (*Brassicaceae*), злаков (*Poaceae*) и др. Все они составляют основу фитоценозов степных, луговых и опушечных экосистем, в которых обитают перепончатокрылые и прямокрылые насекомые, именно в кубышках и гнездах их паразитируют личинки мелоид.

Количество видов (видовое богатство) и количество таксонов (таксономическое богатство) мелоидофауны в экосистемах Степного и Лесного биомов, а также лесостепных экосистем, формирующих экотон между ними, варьирует в небольших пределах (табл. 1).

Большое видовое и таксономическое богатство характерно для экосистем Степной провинции (табл. 1), где наиболее богата и разнообразна фауна мелоид степных экосистем Центрально – Крымской равнины: 28 видов из 9 родов, сумма таксонов 44, родовой коэффициент 0,32. Для их зооценозов характерны как широко распространенные в Крыму виды: *Mylabrini quadripunctata* (Linnaeus, 1767), *M. fabricii* Sumakov, 1924, *Hycleus polymorpha* (Pallas, 1781), *Meloe proscarabaeus* Linnaeus, 1758, *Lydus quadrimaculatus* Tauschyr, 1812, *Alosimus syriacus* (Linnaeus, 1764), *Cerocoma schreberi* Fabricius, 1781, *Stenodera caucasica* (Pallas, 1781), так и редкие, найденные пока только здесь, виды (*M. festiva* (Pallas, 1773), *L. europaeus* Escherich, 1896, *Lytta vesicatoria* (L. 1758), *A. collaris* Fabricius, 1787, *Euzonitis quadrimaculata* (Pallas, 1782, *E. quadripunctata* (Fabricius, 1801).

Хотя оценка богатства фауны по числу зарегистрированных видов является наиболее распространенной, все же она недостаточно репрезентативна, т.к. во многом зависит от степени изученности территории и объема информации создаваемой базы данных. В этой связи кроме показателей филогенетической структуры фаунистических комплексов экосистем, т.е. насыщенности их видами, родам или таксонами более высоких рангов, рассматривают отношения количества видов к числу родов и подсемейств. Чем выше коэффициент отношения числа видов к числу родов и других таксонов, (таксономических коэффициентов) в фаунистических комплексах, тем более специализированными они являются, несмотря на то, что их видовое разнообразие уменьшается (табл. 1).

Таблица 1
Видовое и таксономическое богатство мелоид биомов и экоцентров
региональной экологической сети Крыма

Биомы и экоцентры Крыма	Количество таксонов				Сумма таксонов	Отношение: вид / род
	видов	родов	триб	Подсемейств		
Степной биом	32	10	5	2	49	0,31
Тарханкутские экоцентры	8	5	4	2	19	0,62
Присивашские экоцентры	11	7	7	2	27	0,64
Керченские экоцентры	15	7	5	2	27	0,47
Центрально-степные экоцентры	28	9	5	2	44	0,32
Лесостепной экотон	31	10	6	2	49	0,32
Горнолесной биом	21	8	6	2	37	0,38
Горно-лугово-лесные экоцентры	20	8	6	2	36	0,40
Яйлинское экоцентры	7	4	3	2	16	0,57
Южнобережное экоцентры	11	6	5	2	24	0,54
Крымский полуостров	47	12	7	2	67	0,25

Показатели видового и таксономического разнообразия И. Г. Емельянов [8] предложил использовать для оценки сложности структурной организации биотических сообществ. Для этого он использовал мультипликативную функцию, которая включает такую переменную, как показатель таксономического разнообразия и среднее значение видовой насыщенности (количественная оценка видового богатства). Предложенный интегральный показатель мы использовали для отображения качественно-количественной характеристики организованности фаунистических комплексов, который оценивает их разнообразие в экосистемах биомов Крыма (табл. 2).

Формирование разнообразия мелоид биоценозов экосистем Степного биом, который занимает большую часть полуострова (16840 кв. км), связано с его ландшафтно-экологическими условиями: открытые пространства, умеренно жаркий климат, степные полынно-типчаковые и ковыльно-типчаковые в сочетании с галофитно-луговыми экосистемами. Здесь произрастает более 1,2 тыс. видов растений, обитают многие виды перепончатокрылых и прямокрылых насекомых. Поэтому видовое и таксономическое богатство мелоид экоцентров Степного биом выше, чем в экоцентрах Горнолесного биом (табл. 1).

Это во многом определяет величину коэффициентов видового разнообразия, разнообразия насыщенности видами родов и триб его экоцентров (табл. 2). Однако за счет низкого коэффициента разнообразия насыщенности видами подсемейств, снижается сложность организации фаунистических комплексов Степного биом (табл. 2).

Таблица 2

Иерархическое разнообразие и сложность комплексов мелоид основных экоцентров региональной экологической сети Крыма

Биомы и экоцентры Крыма	Иерархическое разнообразие				Сложност, С
	Н _{вид}	Н _{род}	Н _{тр}	Н _{п/сем}	
Степной биом	5,000	3,322	2,322	1,000	2,014
Тарханкутские экоцентры	3,000	2,322	2,000	1,000	1,960
Присивашские экоцентры	3,459	2,807	2,807	3,807	2,139
Керченские экоцентры	3,907	2,807	2,322	3,322	2,059
Центрально-степные экоцентры	4,807	3,170	2,322	3,170	2,019
Лесостепной экотон	4,954	3,322	2,585	3,459	2,070
Горнолесной биом	4,392	3,000	2,585	1,000	2,090
Горно-лугово-лесные экоцентры	4,322	3,000	2,585	1,000	2,099
Яйлинский экоцентр	2,807	2,000	1,585	1,807	1,849
Южнобережные экоцентры	3,459	2,585	2,322	1,807	2,045
Крымский полуостров	5,555	3,585	2,807	1,459	2,049

Примечание: Н_{вид} – видовое разнообразие; Н_{род} – разнообразие насыщенности видами родов; Н_{триб} – разнообразие насыщенности триб; Н_{под/сем} – разнообразие насыщенности видами подсемейств; С – таксономическая сложность комплексов.

Наиболее обеднена и менее разнообразна фауна экоцентров Тарханкутской возвышенной равнины (табл. 1 и 2). Ядра этих экоцентров формируются в основном за счет трансэлювиальных и элювиальных ксероолиготрофных петрофитных ковыльно-типчаковых, лугово-разнотравных, разнотравно-ковыльно-типчаковых, элювиально-аккумулятивных ксерогипотрофных пустынно-степных и галофитно-луговых, а также мезоксероортотрофных бедноразнотравно-злаковых экосистем. Сложное экологическое строение ядер экоцентров приводит к большой сложности организации их фаунистических комплексов (табл. 2). Для их зооценозов характерны широко распространенные на полуострове виды *M. quadripunctata* (Linnaeus, 1767), *M. fabricii* Sumakov, 1924, *A. syriacus* (Linnaeus, 1764), *S. caucasica* (Pallas, 1781) и др. Но есть и редкие виды, отмеченные только на Южном берегу *M. crocata* (Pallas, 1782) и Северном Крыму *C. schaefferi* Linnaeus, 1758.

Сходными коэффициентами иерархического разнообразия и таксономической сложности организации фаунистических комплексов мелоид, обладают зооценозы экосистем Присивашских экоцентров Северо-Крымской низменности и Керченских экоцентров (табл. 2). Для них характерны открытые пространства, умеренно жаркий климат, степные полынно-типчаковые и ковыльно-типчаковые в сочетании с галофитно-луговыми экосистемами. Общими для них являются виды: *M. variabilis* Pallas, 1781, *M. fabricii* Sumakov 1924, *H. polymorpha* (Pallas, 1781), *M. proscarabaeus* Linnaeus, 1758, *M. uralensis* Pallas, 1777, *C. muehlfeldi* Gyllenhal, 1817 и др.

Большим видовым и таксономическим богатством, иерархическим разнообразием и сложной организацией фаунистических комплексов мелоид обладают экосистемы экоцентров Предгорья, которое мы рассматриваем как экотон между Степным и Горным биомом (табл. 1 и 2). Из 47 крымских видов мелоидофауны полуострова здесь отмечен 31 вид из 10 родов. Среди них встречаются виды, отмеченные только для горнолесных экоцентров: *M. geminate* Fabricius, 1775, *M. brevicollis* Panzer, 1792, *Z. immaculate* (A. G. Olivier, 1789), *Z. iphigeniae* Pliginskij, 1914, *S. tauricus* Motschulsky, 1872, *S. muralis* Forster, 1771), так и виды встречающиеся только в степных экоцентрах: *H. quatuordecimpunctata* (Pallas, 1781), *M. rufiventris* Germar, 1817, *M. hungarus* Schunk, 1776, *M. variegatus* Donovan, 1776, *A. chalybaeus* (Tauscher, 1812). Но есть ряд видов, отмеченных только в лесостепных экоцентрах Предгорья: *M. sibirica* F.- W., 1823, *M. glazunovi* Pliginsky, 1910, *M. pubiferus* Heyden, 1887, *M. erythrocnemus* Pallas, 1781.

Хотя разнообразие биотопов Горнолесных экоцентров во много раз выше, чем Степных, их иерархическое разнообразие мелоидокомплексов меньше (табл. 1 и 2). Для экосистем горно-лугово-лесных экоцентров Главной гряды характерны широко распространенные на полуострове виды: *M. variabilis* Pallas, 1781, *M. quadripunctata* (Linnaeus, 1767), *M. sibirica* F.- W., 1823, *H. polymorpha* (Pallas, 1781), *M. scabriusculus* Brandt et Erichson, 1832, *C. schreberi* Fabricius, 1781 и др. Сильно обеднена фауна мелоид нагорных лесно-лугово-степных экосистем Яйлинских экоцентров (7 видов из 4 родов, сумма таксонов 16, таксономическая сложность комплексов 1,849, коэффициент видового разнообразия 2,807). Большинство мезофильных видов мелоид предпочитают биотопы нагорно-степных и нагорно-луговых экосистем под защитой скал, в карстовых воронках и других естественных укрытиях с хорошо развитой растительностью. Здесь встречаются *M. geminate* Fabricius, 1775, *H. polymorpha* (Pallas, 1781), *M. violaceus* Marsham, 1802, *M. brevicollis* Panzer, 1792, *Z. nana* Ragusa, 1881.

Более разнообразна фауна мелоид экосистем Южнобережных экоцентров (11 видов из 6 родов, сумма таксонов 24, таксономическая сложность комплексов 2,045, коэффициент видового разнообразия 3,459). Экоцентры формируются в основном средиземноморскими горнолесными ксероолиготрофными, мезоксероортофными дубово-фисташковыми и дубово-можжевельновыми экосистемами с большим количеством остепнённых парцелл, где встречаются *M. crocata* (Pallas, 1782), *M. violaceus* Marsham, 1802, *M. brevicollis* Panzer, 1792, *M. rugosus* Marseul, 1802, *L. quadrimaculatus* Tauschyr, 1812 и многие другие виды. Это объясняет большую величину коэффициентов видового разнообразия и таксономической сложности, формирующихся в них энтомологических комплексов (табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, несмотря на то, что практически все создаваемые особо охраняемые природные территории региональной экологической сети Крымского полуострова в свое время подвергались (а многие продолжают подвергаться!) большому антропогенному воздействию, биоразнообразие их мелоидофауны остается на высоком уровне. В его оценке необходимо учитывать не только видовое

и таксономическое богатства, но и иерархическое разнообразие, таксономическую сложность организации фаунистических комплексов экосистем экологических центров, их природных ядер и буферных зон.

Список литературы

1. Левчинская Г. И. Жуки-нарывники (*Coleopter, Meloidae*) Крыма / Г. И. Левчинская // Энтомологическое обозрение. – 1965. – Т. XLIII, № 3 – С. 587–591.
2. Плигинский В. Г. Два новых вида рода *Meloe Linn* / В. Г. Плигинский // Русское Энтомологическое Обозрение. – 1910 – Т. X, №3. – С. 170–172.
3. Пышкин В. Б. ГИС-технологии в построении экологической модели Крыма: проект *BisCrim* / Пышкин В. Б., Тарасов Ю. Э. // Ученые записки ТНУ. Серия: География. – 2014. – Т. 17(56), №2 – С. 156–164.
4. Пышкин В. Б. Создание региональных баз данных насекомых: проект *CrimInsecta* / В. Б. Пышкин, А. И. Евстафьев // Динамика научных исследований. – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – С. 26–27.
5. Пышкин В. Б. Биоразнообразие мелойдофауны (*Insecta: Meloidae*) в экосистемах Степного Крыма / Пышкин В. Б., Акимова А. И. // Проблемы эффективного использования научного потенциала общества. – Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2017. – С. 17–19.
6. Пышкин В. Б. Биоразнообразие мелойдофауны (*Insecta: Meloidae*) в экосистемах Горного Крыма / Пышкин В. Б., Кобечинская В. Г., Прыгунова И. Л. // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы. – Симферополь: ИТ Ариал, 2017. – С. 311–312.
7. Пышкин В. Б. Видовое и таксономическое богатство мелойдофауны (*Insecta: Meloidae*) в экосистемах физико-географических провинций и областей Крыма / В. Б. Пышкин, А. И. Акимова // Актуальные вопросы и перспективы развития современной науки. – С.-Петербург, 2017. – С.10–15.
8. Емельянов И. Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем / И. Г. Емельянов – Киев, 1999. –168 с.

FOR THE ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL DIVERSITY OF MELOID FAUNA (*INSECTA: MELOIDAE*) IN THE MAIN ENVIRONMENTAL CENTERS OF THE REGIONAL ECOLOGICAL NETWORK OF CRIMEA

Pyshkin V. B.^{1,2}, Kobechinskaya V. G.¹, Prygunova I. L.²

¹*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

²*Branch of M. V. Lomonosov Moscow state University in the city of Sevastopol, Sevastopol, Russia*

E-mail: vpbiscrim@mail.ru

The combined database of taxonomy, ecology, biology and chorology of meloids of Crimea that was been created within the framework of *CrimInsecta* program has allowed us to identify entomological complexes of ecosystems within the main environmental centers of the regional ecological network in the peninsula and to study the structure and special features of formation of such complexes. It was also made possible to evaluate their taxonomic range, hierarchical diversity, complexity and abundance of species. *Meloidae* Database includes information on 47 species combined into 12 genera, 7 tribes and 2 subfamilies. Taxonomic diversity of the meloid fauna of the peninsula is dominated by the *Meloinae Gyllenhal, 1810* subfamily represented by 34 species from 7 genera and 4

tribes. The *Meloini Blanchard, 1845* tribe possesses the vastest abundance of species in the subfamily. All species of this tribe belong to the same genus *Meloe Linnaeus, 1758*. Second subfamily of Crimean meloids, *Zonitidinae*, although less rich in species, however is also taxonomically diverse just as *Meloinae* subfamily. This subfamily combines 2 tribes with 4 genera including 13 species, 10 of which belong to *Zonitidini Muslat, 1857* tribe. *Euzoniis Semenov, 1893* genera, which includes 5 species and *Euzoniis Semenov, 1983* genera, which includes 4 species, both possess the most abundance of species.

The core of the Crimean meloid fauna is represented by Mediterranean (53.5 % of the fauna species) and European (23.3 %) species, which indicates close correlation between these regions and blister beetles fauna of Crimea. Ancient Mediterranean (9.3 %), Eastern Mediterranean (4.7 %) and Central Asian (7.0 %) species also take a small part in the formation of the complex. The majority (59 %) of Crimean meloid beetles belong to phyllophagous (*Meloe, Mylabris*), less quantity (27 %) belong to onthophagus (*Cercoma, Stenoderia, Zonilis*) and 14 % to pollenophagous. At the larval stage beetles feed on supplies of solitary bees (*Meloe, Lydus, Zonilis*), eat the food stocks that dauber collected for their larvae (*Cerocoma*) and develop by means of feeding on locust eggs (*Mylabris, Alosimus*).

All meloid species that inhabit Crimea belong to mesophilic and siccocolous hygromorph, within which dominate meadow mesophiles (26.7 %), eurybiontic xerophiles (24.4 %) along with eurybiontic mesophiles (20.0 %) and mesophile steppe (17.8 %). Xerophiles steppe (6.7 %) and forest mesophiles (2.4 %) are represented in the Crimean fauna very mildly. Almost all full-grown blister beetles belong to phytophagan that feed on leaflets (*Meloe, Lytta, Epicauta, Alosimus*), flowers (*Alosimus, Mylabris*), pollen and nectar (*Cercoma, Euzonitis, Apalus, Sitaris, ect.*) and mostly on plants of the following families: goosefoot (*Chenopodiaceae*), papilionaceous plants (*Fabaceae*), solanaceous family (*Solanaceae*), composite family (*Asteraceae*), cruciferous plants (*Brassicaceae*), grass plants (*Poaceae*), etc.

All of the form the foundation for the polytocenosis of the steppe, meadow and marginal ecosystems, where hymenopteran and orthopteran insects dwell. Larvae of meloids parasitize in their egg-pods and nests.

Keywords: Crimea, Ecosystem, environmental center, insects, hierarchic diversity, complexity, taxonomic diversity, abundancy of species, meloids.

References

1. Levchinskaya G. I. Blister Beetles (*Coleopter, Meloidaea*) of Crimea, *Entomological Overview*, **XLIII**, **3**, 587 (1965).
2. Pliginsky V. G. Two New Types of Species of *Meloe* Linn/V.G.Pliginsky // *Russian Entomological Overview*, **X**, **3**, 170 (1910).
3. Pishkin V. B., Tarasov Y. E. GIS Technologies in Development of Environmental Model of Crimea: Project *BisCrim, Tavrida National Univeristy Transactions, Series: Geography*, **12(56)**, **2**, 156 (2004)
4. Pishkin V. B., Yevstafyev A. I. Creation of Regional Databases of Insects: Project *CrimInsecta, Research Dynamics*, 26 (Dnepropetrovsk: Education and Science, 2004).
5. Pishkin V. B., Akimova A. I. Biodiversity of Meloid Fauna (*Insecta:Meloidae*) in Ecosystems of Crimean Steppe, *Issues of Effective Use of Society's Scientific Potential.*, 17 (Ufa: Omega Signs, 2017).

6. Pishkin V. B., Kobetchinskaya V. G., Prygunova I. L. Biodiversity of Meloid Fauna (*Insecta:Meloidae*) in Ecosystems of Crimean Mountains, *Modern Topics of Botany and Environmental Protection*, 311 (Simferopol: ARIAL publishing and printing, 2017).
7. Pishkin V. B., Akimova A. I. Abundance of Species and Taxonomic Diversity of Meloid Fauna (*Insecta:Meloidae*) in ecosystems of pyciso-geographical provinces and regions of Crimea, *Modern Topics and Future Development of Modern Science*, 10 (St.Petersburg, 2017).
8. Yemelyanov I. G. *Diversity and its Role in Functional Stability and Evolution of Ecosystems*, 168 p. (Kiev, 1999).

УДК 612.15

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-204-213

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ, СВЯЗАННЫЕ С ФАЗАМИ ДЫХАНИЯ

Себрякова Г. А.^{1,3}, Хвастунова И. В.², Исупов И. Б.¹

¹*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный университет», Волгоград, Россия*

²*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», Волгоград, Россия*

³*ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия*

E-mail: sevrykova2012@yandex.ru

Статья посвящена исследованию церебральной гемодинамики людей различного возраста, проживающих в Волгоградском регионе (165 респондентов: 18–35 лет; 50–55 лет; 56–60 лет и старше 61 года). Реоэнцефалографическое обследование выполнено в 4 отведениях (FM, OM левое полушарие; FM, OM правое полушарие). Регистрация реоэнцефалограмм осуществлялась в состоянии покоя, в конце фазы вдоха и в конце фазы выдоха. Установлено, что у обследуемых 50–55 лет наблюдается значительное снижение суммарного пульсового кровенаполнения головного мозга. В динамике функциональной пробы миогенные реакции констрикции резистивных артерий головного мозга у людей старшего возраста (50–55 лет и старше) выражены незначительно. Лимит вазоконстрикторных реакций, обусловленный старением организма является причиной ухудшения условий регионарного оттока крови. Обнаруженное несоответствие соотношения регионарного притока крови ее оттоку является маркером снижения приспособительных реакций системы кровообращения людей старше 50 лет при повышении венозного давления в системе верхней поллой вены. Высокая информативность, оперативность и безопасность реографического обследования на фоне дыхательной пробы позволяет рекомендовать ее к включению в план диспансерных наблюдений, особенно лиц старше 50 лет.

Ключевые слова: реоэнцефалография, дыхательная проба, старение, артериальный тонус, венозный отток, церебральная гемодинамика.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках реформирования пенсионной системы, постепенного увеличения возраста выхода на пенсию возрастает значимость развивающегося направления в науке о здоровье человека – превентивной медицины, одной из основных практико-ориентированных задач которой является профилактика преждевременного старения трудоспособного населения. Все большее внимание уделяется функциональной диагностике заболеваний, ассоциированных с возрастом и разработке программ антистарения [1–3]. В этом аспекте одно из первых мест занимают неинфекционные заболевания, среди которых, по частоте впервые установленных патологий, заболевания сердечно-сосудистой системы, нарушения церебрального кровообращения выросли на 12,8 % в 2018 году по сравнению с 2017 годом [4, 5].

Функциональная система регуляции мозгового кровообращения обладает сложными, многоконтурными механизмами поддержания относительного

постоянства органного кровотока, обеспечивая метаболические запросы головного мозга [6]. Изменения тонуса резистивных артерий головного мозга обеспечивают необходимый уровень давления крови в артериальном отрезке церебральных сосудов обмена. Адекватный приток крови в регион осуществляется в результате сложного соподчинения нейрогенных, метаболических и миогенных механизмов регуляции тонуса артериальных сосудов прекапиллярного звена. При возникновении дисбаланса в системе «приток-отток крови в регион» особое значение приобретают миогенные, эндотелий-зависимые механизмы констрикции и дилатации артериол. Данные механизмы обладают высокой оперативностью и позволяют своевременно устранять функциональные признаки церебрального венозного застоя крови [7, 8].

Нарушения миогенных эндотелий-зависимых механизмов регуляции сосудистого тонуса лежат в основе развития мигреней, участвуют в формировании симптомокомплекса вегетососудистой (нейроциркуляторной) дистонии, являются составной частью патогенеза эссенциальной гипертензии (гипертонической болезни) [8, 9]. Исследование эффективности венозно-артериальных реакций на фоне функциональных проб актуально для выявления признаков сосудистой недостаточности, донозологических нарушений кровоснабжения мозга. В связи с изложенным, целью работы явилось исследование возрастных особенностей церебрального кровообращения, связанных с фазами дыхания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании на добровольной основе и с соблюдением принципов информированного согласия приняли участие 165 респондентов, проживающих в г. Волгограде (табл. 1).

Таблица 1

Демографическая характеристика группы обследования

Возраст / пол	18–35 лет	50–55 лет	56–60 лет	61 год и старше	Всего
женщины	34	29	27	16	106
мужчины	18	15	15	11	59
Всего	52	44	42	27	165

В соответствии с целью исследования оценка церебрального кровообращения проводилась в состоянии покоя и на фоне функциональных дыхательных проб: во время задержки дыхания в конце фаз глубокой инспирации и глубокой экспирации. Изменения тонуса регионарных сосудов в первые секунды задержки дыхания на вдохе и выдохе позволяют оценить эффективность преимущественно миогенных механизмов регуляции регионарного сосудистого тонуса, индуцируемых изменениями регионарного оттока крови при колебаниях центрального венозного давления [10]. Стандартные пробы Штанге и Генчи менее информативны для изучения миогенных механизмов регуляции регионарного кровообращения, поскольку в данном случае изменения сосудистого тонуса приобретают комплексный характер и происходят под влиянием как миогенных, так и метаболических механизмов регуляции мозгового кровотока. Последние

обусловлены изменениями напряжения кислорода и углекислого газа в крови при длительной гипоксии [11, 12].

Согласно протоколу исследования, изменения церебрального кровообращения регистрировались с помощью АПК «ВАЛЕНТА» модуль «Реоэнцефалография» (РУ № ФСР 2007/00259 от 26.03.2009, г. Санкт-Петербург). Полушарная реоэнцефалография осуществлялась в продольных, симметрично расположенных, стандартных отведениях слева и справа. Использованы фронто-мастоидальные и окципито-мастоидальные отведения, позволяющие дифференцированно исследовать внутричерепную гемодинамику в бассейнах передней и средней мозговых артерий (ФМ-отведения), а также задних мозговых и позвоночных артерий (ОМ-отведения). Оценивались реоэнцефалографические показатели: интегральный показатель наполнения пульса (ИПНП, мОм), амплитудно-частотный показатель (АЧП, 1/с), реографический индекс (РИ, у.е.), время распространения реографической волны (ВРРВ, с), средняя скорость наполнения сосудов (ССНС, Ом/с), венозный отток (ВО, %), дикротический индекс (ДИ, у.е.), диастолический индекс (ДА, у.е.).

Статистический анализ данных проводился с помощью программного пакета «SPSS 17». Значимость различий оценивалась по Т – критерию для независимых выборок и принималась на уровне $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным нашего исследования в состоянии покоя, при нормальном дыхании, суммарное пульсовое кровенаполнение имеет возрастные особенности. Установлено, что реографический индекс у людей возраста 50–55 лет существенно ниже, чем у людей других возрастных групп (рис. 1). Для этой группы также было характерно снижение амплитудно-частотного показателя, отражающего величину объемного кровотока в исследуемой области в единицу времени, на фоне снижения ЧСС по сравнению с группами людей 18–35 лет ($p = 0,022$), 56–60 лет и старше.

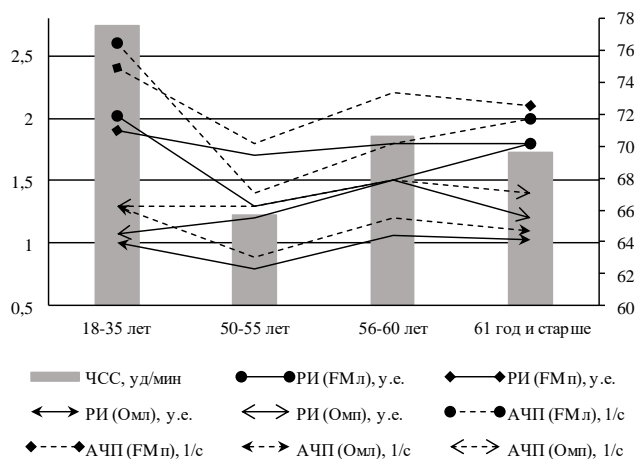


Рис. 1. Значения реографического индекса (РИ, у.е.), амплитудно-частотного показателя (АЧП, 1/с) в состоянии покоя у обследуемых различного возраста.

Средняя скорость наполнения сосудов (интегральный показатель тонуса артерий распределения среднего и малого диаметра) оказалась значимо ниже в среднем на 61,8 % в левом полушарии и на 51,4 % в правом полушарии FM отведений в группе обследуемых 50–55 лет по сравнению с группой молодых людей (табл. 2, 3).

Таблица 2
Показатели церебрального кровообращения на фоне дыхательной пробы
(фронтально-мастоидальные отведения, FM) ($M_{\text{ср}} \pm m$)

Группа / показатели		FM левое				FM правое			
		18–35 лет	50–55 лет	56–60 лет	61 год >	18–35 лет	50–55 лет	56–60 лет	61 год >
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ИПНП, мОм	покой	107,7 ±6,9	60,6 ±11,9*	72,1 ±16,7	83,3 ±15,2	102,5 ±6,8	75,3 ±13,1	95,1 ±17,1	82,9 ±12,0
	вдох	94,5 ±7,9	51,9 ±9,0	90,3 ±21,3	64,4 ±13,2	91,9 ±7,4	65,8 ±12,5	97,0 ±29,7	73,3 ±12,7
	выдох	101,2 ±8,2	74,1 ±8,9	80,4 ±17,4	76,2 ±9,5	95,2 ±6,7	93,3 ±17,1	85,3 ±25,6	84,9 ±7,02
РИ, у.е	покой	2,02 ±0,1	1,3 ±0,1*	1,5 ±0,2	1,8 ±0,2	1,9 ±0,1	1,7 ±0,2	1,8 ±0,4	1,8 ±0,1
	вдох	1,94 ±0,1	1,3 ±0,1*	1,7 ±0,3	1,62 ±0,3	1,8 ±0,1	1,6 ±0,2	1,9 ±0,4	1,7 ±0,2
	выдох	1,87 ±0,1	1,48 ±0,1	1,5 ±0,3	1,7 ±0,2	1,8 ±0,1	1,75 ±0,3	1,5 ±0,3	1,8 ±0,1
ВРРВ, с	покой	0,15 ±0,003	0,15 ±0,007	0,14 ±0,008	0,13 ±0,005	0,16 ±0,003	0,15 ±0,006	0,15 ±0,008	0,13 ±0,006
	вдох	0,16 ±0,01	0,16 ±0,004	0,14 ±0,01	0,14 ±0,01	0,16 ±0,01	0,16 ±0,004	0,14 ±0,008	0,14 ±0,009
	выдох	0,15 ±0,003	0,15 ±0,005	0,14 ±0,01	0,13 ±0,008	0,15 ±0,003	0,16 ±0,000	0,14 ±0,01	0,13 ±0,008
ССНС, Ом/с	покой	1,57 ±0,1	0,6 ±0,09*	0,65 ±0,1	0,8 ±0,1	1,4 ±0,1	0,72 ±0,1*	0,8 ±0,2	0,8 ±0,06
	вдох	1,52 ±0,1	0,65 ±0,07*	0,7 ±0,1	0,7 ±0,1	1,67 ±0,1	0,68 ±0,09*	0,8 ±0,1	0,8 ±0,08
	выдох	1,5 ±0,13	0,65 ±0,07*	0,7 ±0,1	0,7 ±0,09	1,46 ±0,12	0,75 ±0,1	0,7 ±0,1	0,8 ±0,04
VO, %	покой	31,9 ±1,7	31,2 ±2,9	24,3 ±2,9	24,5 ±2,5	33,1 ±1,5	34,0 ±5,7	28,6 ±4,6	21,0 ±2,8
	вдох	33,9 ±3,8	19,0 ±2,1*	51,0 ±23,8	24,3 ±3,8	41,0 ±5,5	20,2 ±3,4	35,3 ±9,0	14,6 ±2,2
	выдох	31,2 ±1,8	24,0 ±2,3	33,6 ±5,9	28,1 ±3,9	32,6 ±1,7	32,0 ±6,7	31,6 ±8,1	21,5 ±2,6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДИ, у.е.	покой	0,72 ±0,01	0,81 ±0,02	0,7 ±0,05	0,8 ±0,01	0,71 ±0,02	0,85 ±0,02	0,8 ±0,05	0,78 ±0,02
	вдох	0,67 ±0,03	0,8 ±0,02	0,7 ±0,06	0,72 ±0,03	0,65 ±0,03	0,85 ±0,02*	0,8 ±0,008	0,7 ±0,04
	выдох	0,72 ±0,02	0,8 ±0,02	0,76 ±0,09	0,7 ±0,03	0,7 ±0,02	0,83 ±0,02*	0,82 ±0,03	0,7 ±0,02
ДА, у.е.	покой	0,78 ±0,01	0,77 ±0,02	0,7 ±0,06	0,7 ±0,06	0,77 ±0,01	0,83 ±0,04	0,7 ±0,07	0,7 ±0,04
	вдох	0,76 ±0,02	0,81 ±0,01	0,8 ±0,1	0,7 ±0,06	0,76 ±0,04	0,87 ±0,02	0,7 ±0,02	0,7 ±0,04
	выдох	0,76 ±0,02	0,78 ±0,03	0,69 ±0,1	0,7 ±0,03	0,76 ±0,01	0,8 ±0,03	0,81 ±0,08	0,7 ±0,02

Примечание: * – значимое различие по сравнению с группой 18–35 лет

Таблица 3

Показатели церебрального кровообращения на фоне дыхательной пробы
(окципито-мастоидальные отведения, ОМ) (Mcp ± m)

Группа / показатели		ОМ левое				ОМ правое			
		18-35 лет	50 -55 лет	56-60 лет	61 год >	18-35 лет	50 -55 лет	56-60 лет	61 год >
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ИПНП, МОм	покой	59,1 ±3,6	43,0 ±7,0	59,6 ±10,2	51,9 ±8,4	61,4 ±5,0	59,2 ±8,8	88,7 ±16,4	59,0 ±9,3
	вдох	59,6 ±4,7	34,1 ±6,3	63,0 ±33,3	43,1 ±7,2	58,3 ±4,8	30,9 ±4,7*	85,7 ±43,7	51,5 ±8,3
	выдох	56,5 ±3,7	42,0 ±5,1	54,8 ±26,5	48,6 ±5,7	57,5 ±4,8	64,9 ±6,8	74,1 ±34,4	56,4 ±6,2
РИ, у.е.	покой	1,0 ±0,06	0,8 ±0,05*	1,06 ±0,3	1,03 ±0,1	1,07 ±0,08	1,2 ±0,2	1,5 ±0,6	1,2 ±0,1
	вдох	1,1 ±0,07	0,78 ±0,1	1,1 ±0,6	0,9 ±0,1	1,08 ±0,08	1,0 ±0,04	1,6 ±0,7	1,1 ±0,2
	выдох	1,02 ±0,06	0,76 ±0,07*	0,89 ±0,4	0,97 ±0,1	1,02 ±0,08	1,11 ±0,12	1,1 ±0,4	1,1 ±0,1
ВРРВ, с	покой	0,15 ±0,003	0,14 ±0,004	0,11 ±0,03	0,13 ±0,006	0,15 ±0,003	0,15 ±0,005	0,15 ±0,008	0,13 ±0,006
	вдох	0,15 ±0,01	0,15 ±0,002	0,15 ±0,01	0,14 ±0,01	0,15 ±0,01	0,16 ±0,005	0,13 ±0,01	0,13 ±0,009
	выдох	0,14 ±0,002	0,15 ±0,002	0,14 ±0,01	0,13 ±0,008	0,14 ±0,002	0,15 ±0,002	0,14 ±0,01	0,13 ±0,006

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ССНС, Ом/с	покой	0,77 ±0,07	0,36 ±0,06	0,49 ±0,1	0,49 ±0,06	0,75 ±0,06	0,48 ±0,1	0,67 ±0,2	0,54 ±0,06
	вдох	0,89 ±0,08	0,43 ±0,13	0,5 ±0,2	0,4 ±0,05	0,85 ±0,07	0,41 ±0,07*	0,6 ±0,2	0,5 ±0,07
	выдох	0,84 ±0,07	0,39 ±0,1*	0,47 ±0,1	0,49 ±0,06	0,75 ±0,06	0,51 ±0,04	0,5 ±0,1	0,54 ±0,05
ВО, %	покой	40,5 ±1,8	35,2 ±4,2	29,3 ±8,4	21,0 ±3,8	40,4 ±1,8	42,0 ±3,8	32,6 ±1,2	27,3 ±4,1
	вдох	43,2 ±6,8	40,0 ±5,5	38,6 ±8,7	33,1 ±4,5	43,6 ±4,2	57,7 ±10,8	36,0 ±1,5	27,8 ±3,2
	выдох	38,0 ±2,5	48,0 ±5,8	44,6 ±8,6	33,3 ±7,4	38,9 ±1,6	45,7 ±5,4	34,6 ±4,3	24,6 ±3,2
ДИ, у.е.	покой	0,74 ±0,02	0,89 ±0,04*	0,8 ±0,04	0,8 ±0,04	0,75 ±0,02	0,91 ±0,02*	0,8 ±0,03	0,8 ±0,03
	вдох	0,68 ±0,02	0,81 ±0,07	0,7 ±0,1	0,9 ±0,05	0,67 ±0,03	0,87 ±0,07*	0,8 ±0,01	0,8 ±0,03
	выдох	0,71 ±0,02	0,75 ±0,08	0,81 ±0,03	0,8 ±0,02	0,74 ±0,02	0,9 ±0,01*	0,8 ±0,07	0,8 ±0,02
ДА, у.е.	покой	0,88 ±0,03	1,0 ±0,06	0,9 ±0,06	0,7 ±0,06	0,88 ±0,01	0,99 ±0,02	0,9 ±0,04	0,8 ±0,05
	вдох	0,78 ±0,04	0,98 ±0,04*	1,7 ±0,9	0,7 ±0,06	0,85 ±0,03	0,94 ±0,05	0,9 ±0,003	0,8 ±0,05
	выдох	0,82 ±0,02	0,77 ±0,08	0,96 ±0,04	0,8 ±0,02	0,84 ±0,02	0,9 ±0,06	0,94 ±0,1	0,8 ±0,02

Примечание: * – значимое различие по сравнению с группой 18–35 лет

С целью выяснения причин констрикции артерий среднего звена церебрального бассейна выполнена инспираторно-экспираторная проба, которая позволила предположить наличие морфологических изменений в стенке данных сосудов. Установлено, что вне зависимости от фазы дыхания значительная констрикция сосудов сохранялась. В группе 50–55 лет средняя скорость наполнения сосудов (Фмл отведения) на вдохе была ниже на 57,2 % по сравнению с группой 18–35 лет; на выдохе средняя скорость наполнения сосудов (Омл отведения) – на 56,6 %, т.е. фазы дыхания не оказывали влияние на тонус среднего звена. При этом в правом полушарии (Фмп, Омп отведения) тонус артерий в пробе имел аналогичную динамику. Отсутствие значимых различий в средней скорости наполнения сосудов в группах 56–60 лет, 61 год и старше в динамике дыхательной пробы свидетельствует о том, что по мере дальнейшего старения организма существенных морфологических изменений сосудистой стенки уже не происходит.

Параметр, отражающий тонус мелких артерий и артериол (дикротический индекс) по мере старения увеличивается во всех реоэнцефалографических отведениях: чем старше человек, тем выше тонус резистивных артерий и менее

выражена динамика инспираторных колебаний тонуса данных артерий (табл. 2, 3). Однако, наиболее существенное повышение тонуса резистивных артерий во всех реоэнцефалографических отведениях обнаружено в возрастной группе 50–55 лет (на 12,5 % ФМл; на 19,7 % ФМп; на 20,3 % ОМл; на 21,3 % ОМп).

На фоне повышенного тонуса артерий различного диаметра у людей старшего возраста наблюдается снижение показателя венозного оттока. Формально это благоприятная гемодинамическая реакция адаптации церебральных сосудов к дефициту притока крови к сосудам обмена. Установлено, что общая интенсивность кровотока в сером веществе снижена в среднем на 23,8 % в ФМл отведениях и на 19,3 % в ОМ отведениях, отсюда и условно благоприятная возрастная динамика венозного оттока.

На фоне дыхательной пробы у людей старших возрастных групп возникает реографический синдром затруднения венозного оттока крови. На наш взгляд – это можно объяснить тем, что с одной стороны артерии резистивного звена уже находятся в состоянии неизменной констрикции, с другой – на вдохе происходит физиологическое ускорение ЧСС, то есть у людей старших возрастных групп в значительной мере утрачивается эффективность регионарных механизмов регуляции баланса притока-оттока крови в церебральный регион. В связи с этим на вдохе отмечаются признаки ухудшения условий регионарного венозного оттока: у людей 56–60 лет показатель ВО увеличивается в 1,5–2 раза в левом полушарии (ФМл, ОМл) и в 1,3–1,5 раз в правом полушарии (ФМп, ОМп). Динамика показателей венозного оттока у людей старше 61 года при проведении дыхательных проб выражена незначительно. По-видимому, к этому возрасту соединительно-тканый каркас емкостных сосудов церебрального бассейна морфологически изменяется, сосудистая сеть становится более ригидной.

Диастолический индекс, в большей степени отражающий центральные механизмы регуляции венозного оттока, у людей старшего возраста во всех реоэнцефалографических отведениях повышен. Возможно, это объясняется тем, что по мере старения уменьшается экскурсия грудной клетки и как следствие изменяется присасывающая функция сердца, что приводит к повышению диастолического индекса и создает предпосылки венозного застоя крови.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выявить возрастные особенности реоэнцефалографии, связанные с фазами дыхания. У обследуемых, начиная с возраста 50–55 лет и старше, отмечается неблагоприятный тип регионарных сосудистых реакций на инспираторно-экспираторную пробу: отсутствует динамика тонуса артерий среднего звена левого и правого полушарий (бассейны передней и средней мозговых артерий). Реоэнцефалографическая реакция молодых людей 18–35 лет характеризовалась инспираторной дилатацией мелких церебральных артерий и отсутствием выраженных признаков регионарного венозного застоя крови. Принято считать такую реакцию наиболее физиологически обоснованной и соответствующей адекватному метаболическому запросу уровню кровоснабжения мозга. Сбалансированная венозно-артериальная реакция позволяет поддерживать

церебральное кровоснабжение в различные фазы дыхательного цикла.

К 50–55 годам контур реограмм приобретает гипертонический вид с высоким расположением инцизуры в верхней четверти полной амплитуды реографической волны. Гипертонус артериальных сосудов распределения сохраняется в динамике дыхательной пробы. Таким образом, создаются гемодинамические предпосылки к снижению притока крови в начальный участок сосудов обмена, то есть к проксимальному отрезку капилляров серого вещества. Это является неблагоприятным фактором, указывающим на снижение обменных метаболических процессов – дефицит притока крови. В свою очередь именно этот установленный факт позволяет нам высказать предположение о развитии реакций адаптации, что отражено возрастным снижением венозного оттока во всех исследуемых областях в состоянии покоя у людей 50–55 лет.

Церебральная гемодинамика является мозаичной, характеризуется выраженной индивидуальной асимметрией тонуса и кровенаполнения регионарных артерий различного функционального уровня, и кроме того имеет особенности, обусловленные спецификой профессиональной деятельности обследуемых, например, многочасовое напряженное положение шейного отдела позвоночника в связи с работой на компьютере, монитор которого зачастую расположен вопреки правилам эргономики работы оператора ЭВМ. Таким образом, не исключено постепенное многолетнее приспособление регионарной сосудистой системы, компенсирующее асимметрию и дефицит артериального притока крови к полушариям, что нашло свое отражение в параметрах реоэнцефалографии у людей старшей возрастной группы.

При проведении ежегодных медицинских осмотров трудоспособного населения рекомендуется включать в план функциональной диагностики реоэнцефалографическое обследование на фоне дыхательной пробы с последующим количественно-качественным анализом реограмм, особенно у людей старше 50 лет, с целью выявления нарушений кровотока головного мозга и создания превентивных программ антистарения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-013-00387)

Список литературы

1. Foo M. X. R. Premature aging syndromes: From patients to mechanism / M. X. R. Foo, P. F. Ong, O. Dreesen // J. of Dermatological Science. – 2019. – 96(2). – P. 58–65.
2. Piccirillo F. Changes of the coronary arteries and cardiac microvasculature with aging: Implications for translational research and clinical practice / F. Piccirillo, M. Carpenito, G. Verolino, C. Chellob, A. Nusca et al. // Mechanisms of Ageing and Development. – 2019. – 184. – P. 111161. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mad.2019.111161>
3. Green C. L. Regulation of metabolic health by essential dietary amino acids / C. L. Green, D. W. Lamming // Mechanisms of Ageing and Development. – 2019. – 177. – P. 186–200. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mad.2018.07.004>
4. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2018 году» / Ред. колл.: В. Е. Сазонов [и др.]; комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской

- области. – Ижевск: ООО «Принт», 2019. – 300 с. URL: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/upload/iblock/3cc/Doklad-2018.pdf>
5. Armstead W. M. Age and cerebral circulation / W. M. Armstead // Pathophysiology. – 2005. – 12(1). – P. 5–15. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2005.01.002>
 6. Moerman A. Why and how to assess cerebral autoregulation? / A. Moerman, S. De Hert // Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. – 2019. – 33(2). – P. 211–220. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2019.05.007>
 7. Meng L. Cardiac output and cerebral blood flow: the integrated regulation of brain perfusion in adult humans / L. Meng W. Hou, J. Chui, et al. // Anesthesiology. – 2015. – 123. – P. 1198–1208. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000872
 8. Исупов И. Б. О применении функциональных нагрузочных проб с задержкой дыхания для изучения церебрального кровообращения у практически здоровых молодых людей / И. Б. Исупов // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2007. – 6(24). – С. 111–116. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_11992755_91140572.pdf
 9. Tzeng Y. Fundamental relationships between blood pressure and cerebral blood flow in humans / Y. Tzeng, B. MacRae, P. Ainslie et al. // J. Appl Physiol. – 2014. – 117. – P. 1037–1048. URL: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00366.2014>
 10. Fitch W. Physiology of the cerebral circulation / W. Fitch // Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. – 1999. – 13(4). – P. 487–498. URL: <https://doi.org/10.1053/bean.1999.0043>
 11. Laycock J. R. D. Physiology and dynamics of the cerebral circulation / J. R. D. Laycock // Current Anaesthesia & Critical Care. – 1990. – 1(2). – P. 72–76. URL: [https://doi.org/10.1016/S0953-7112\(05\)80079-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7112(05)80079-1)
 12. Das P. Applied cerebral physiology / P. Das, A. Luoma // Anaesthesia & Intensive Care Medicine. – 2020. – 21(1). – P. 45–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2019.10.012>

AGE SPECIFIC FEATURES OF REOENCEPHALOGRAPHY ASSOCIATED WITH RESPIRATORY PHASES

Sevriukova G. A.^{1,3}, Khvastunova I. V.², Isupov I. B.¹

¹*Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation*

²*Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation*

³*Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation*

E-mail: sevrykova2012@yandex.ru

The article presents the results of a study on the cerebral hemodynamics of residents of the Volgograd region (165 respondents: 18–35 years old; 50–55 years; 56–60 years and over 61 years), making it possible to identify the parameters that are the most informative for assessing of blood supply disorders of the brain.

Objective: to study the age features of cerebral blood circulation connected with breath phases.

Evaluation of the functional state of the cerebral hemodynamics was carried out on the basis of comprehensive studies of blood supply to the brain (rest and against the background of respiratory test) using the method of reoencephalography.

The reoencephalographic examination was performed in 4 leads (FM, OM left hemisphere; FM, OM right hemisphere). Indicators were registered: integral index of pulse filling, amplitude-frequency index, rheographic index, time of propagation of the rheographic wave, average vessel filling rate, venous outflow, dicrotic index, diastolic

index.

Decrease in total pulse blood filling of the brain at respondents of 50–55 years is revealed. In the dynamics of respiratory test myogenic reactions of vasoconstriction of resistive arteries of the brain in people of older age (50–55 years and older) are slightly expressed. The limit of vasoconstrictor reactions caused by the aging of the body is the cause of deterioration of the conditions of regional blood outflow.

The inconsistency of the ratio of regional blood flow to its outflow is a marker of the reduction of adaptive reactions of the circulatory system of people over 50 years of age with an increase in venous pressure in the upper vena cava system.

The information value, efficiency and safety of the reographic study at rest and against the background of respiratory test allows it to be recommended for inclusion in the plan of dispensary observations, especially those over 50 years of age.

Keywords: reoencephalography, respiratory test, organism ageing, arterial tone, venous outflow, cerebral hemodynamics.

References

1. Foo M. X. R., Ong P. F., Dreesen O. Premature aging syndromes: From patients to mechanism, *J. of Dermatological Science*, **96(2)**, 58 (2019).
2. Piccirillo F., Carpenito M., Verolino G., Chellob C., Nusca A. et al. Changes of the coronary arteries and cardiac microvasculature with aging: Implications for translational research and clinical practice, *Mechanisms of Ageing and Development*, **184**, 111161 (2019).
3. Green C. L., Lamming D. W. Regulation of metabolic health by essential dietary amino acids, *Mechanisms of Ageing and Development*, **177**, 186 (2019).
4. Sazonov V. E. et al. Report «On the state of the environment of the Volgograd region in 2018», *Committee of natural resources, forestry and ecology of the Volgograd region*, 300 (Izhevsk, 2019)
5. Armstead W. M. Age and cerebral circulation, *Pathophysiology.*, **12(1)**, 5 (2005).
6. Moerman A., Hert S. Why and how to assess cerebral autoregulation? *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, **33(2)**, 211 (2019).
7. Meng L., Hou W., Chui J. et al. Cardiac output and cerebral blood flow: the integrated regulation of brain perfusion in adult humans, *Anesthesiology*, **123**, 1198 (2015).
8. Isupov I. B. On the use of functional load tests with breath retention for the study of cerebral circulation in healthy young people, *Izvestia of the Volgograd State Pedagogical University*, **6(24)**, 111 (2007).
9. Tzeng Y., MacRae B., Ainslie P. et al. Fundamental relationships between blood pressure and cerebral blood flow in humans, *J. Appl Physiol.*, **117**, 1037 (2014).
10. Fitch W. Physiology of the cerebral circulation, *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, **13(4)**, 487 (1999)
11. Laycock J. R. D. Physiology and dynamics of the cerebral circulation, *Current Anaesthesia & Critical Care*, **1(2)**, 72 (1990)
12. Das P., Luoma A. Applied cerebral physiology, *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, **21(1)**, 45 (2020)

УДК 612.017.2

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-214-222

АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПЕРВОКУРСНИКОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВУЗЕ

Симонова О. И.

*ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», Горно-Алтайск, Россия
E-mail: soi177@mail.ru*

Представленные в статье результаты исследования адаптации сердечно-сосудистой системы первокурсников обучающихся в вузе, с учётом вегетативного статуса и типа кровообращения, отразили особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы в период адаптации к вузу девушек и юношей русской и алтайской национальности в 2017 и 2018 годах. Студенты алтайской национальности, до поступления в ФГБОУ ВО Горно-Алтайский государственный университет, проживали в районах высокогорья и среднегорья Республики Алтай, русские в условиях низкогогорья. При сравнительном анализе показателей адаптационного потенциала установлено, что у большинства обследованных он был удовлетворительным, в то время как у юношей русской национальности с эукинетическим типом кровообращения, в 2017 и 2018 годах выявлено напряжение механизмов адаптации. Проведённые исследования позволили организовать учебный процесс в вузе, способствующий сохранению и укреплению здоровья студентов, с учётом особенностей их адаптации.
Ключевые слова: вуз, адаптация, студенты, сердечно-сосудистая система, типы кровообращения, вегетативный статус.

ВВЕДЕНИЕ

В современных исследованиях отмечается всё возрастающий интерес к проблеме адаптации молодёжи к образовательным средам, таким как, колледж и вуз. Некоторые исследования в данной области затрагивают вопросы оценки функционального состояния организма в условиях обучения в вузе, при этом одним из значимых признаков адаптации организма студентов является реакция сердечно-сосудистой системы и вегетативной нервной системы, [1–3] эти системы являются одними из индикаторов определяющих характер функциональной адаптации на начальном периоде обучения в вузе, в этот период на организм студентов действуют ряд факторов, которые могут привести к напряжению механизмов адаптации и послужить причиной нарушения в состоянии здоровья. В период адаптации к обучению, связанному также в большинстве случаев с переездом в новые климатогеографические условия, организм реагирует сложными нейроэндокринными, иммунными и метаболическими изменениями [4], что сказывается на работе сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы. Начиная с момента поступления в образовательное учреждение студентам необходимо приспособливаться за короткий период к особенностям обучения в

вузе, новой системой и структурой обучения, новыми требованиями. Многие факторы на начальном периоде обучения в вузе приводят к напряжению механизмов адаптации, сказываются на общем самочувствии, поэтому актуален вопрос оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, как основного индикатора дезадаптации, изучение особенностей адаптации студентов, по мнению ряда исследователей [5–7], в условиях высшего образования, позволит выстроить здоровьеориентированный педагогический процесс.

Целью исследования являлась оценка адаптации сердечно-сосудистой системы студентов проживающих в Республике Алтай и обучающихся на первом курсе вуза с учётом типов кровообращения и вегетативного статуса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в 2017–2018гг. Объектом его являлись девушки и юноши алтайской и русской национальности первого года обучения в ФГБОУ ВО Горно-Алтайском государственном университете, расположенном в г. Горно-Алтайске (низкогорье), Республики Алтай. Было обследовано 160 студентов, девушки и юноши алтайской национальности в основном проживали до поступления в вуз в условиях высокогорья и среднегорья, русской в условиях низкогорья.

В работе использовались методы определения некоторых функциональных показателей сердечно-сосудистой системы и вегетативной нервной системы: измерялась частота сердечных сокращений, артериальное давление, вычислялся минутный объем кровотока (МОК л/мин) не прямым способом Лилье-Штрандера и Цандера [8, 9], рассчитывался сердечный индекс (СИ) [8], он представляет собой отношение минутного объема кровотока МОК (л/мин) к площади поверхности тела $S(m^2)$, расчёт площади поверхности тела проводили по формуле Дю Буа [8]. Величина сердечного индекса позволила выделить три типа кровообращения: СИ (л/мин $\cdot m^2$) от 2,75 и ниже – гипокинетики; при СИ>3,5-гиперкиетики; при СИ = 2,75 – 3,5 эукиетики, определялся вегетативный индекс Кердо [10], который оценивался как симпатический (симпатикотония), парасимпатический (ваготония) и смешанный или вегетативное равновесие (эйтония). Вегетативное равновесие (эйтония) наблюдается при значениях показателя близких к нулю (от -10 до +10%), положительные значения выше индекса вегетативного равновесия будут означать сдвиг вегетативного тонуса в сторону симпатического преобладания, отрицательные значения ниже индекса вегетативного равновесия – в сторону парасимпатического. Рассчитывался индекс функциональных изменений (ИФИ) для определения адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы по Р. М. Баевскому, 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. Антропометрические измерения проводились по методике Бунака В. В. [11] в утренние часы в светлом помещении. Длина тела (ДТ) измерялась с помощью ростомера. Определение массы тела (МТ) производилось на портативных электронных весах. Применяемые методы позволили получить у

каждого обследуемого студента индивидуальные значения антропометрических параметров и функциональных показателей сердечно-сосудистой системы, которые сопоставлялись с вегетативным статусом, типом кровообращения и критериями адаптации.

Результаты исследования были обработаны с использованием методов статистического анализа экспериментальных данных 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

Оценка адаптационного индекса сердечно-сосудистой системы выявила, что у большинства студентов адаптация протекала удовлетворительно, это обеспечивается высокими или достаточными функциональными возможностями организма и созданием благоприятных условий в вузе [3]. Показатели индекса функциональных изменений для оценки адаптации сердечно-сосудистой системы с учётом вегетативного статуса представлены в таблице 1.

Таблица 1

Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы у студентов первого курса с различиями вегетативного статуса

Национальн	Вегетатив-ный статус	Юноши			Девушки			t
		n ₁ (%)	X ₁	δ ₁	n ₂ (%)	X ₂	δ ₂	
2017г								
Русские	Симпатикотоники	69	1,81	0,042	60	1,83	0,013	0,45
	Ваготоники	7	1,83	0,110	20	2,11	0,020	2,51*
	Эйтоники	24	2,11	0,040	40	1,81	0,120	2,37*
Алтайцы	Симпатикотоники	67	1,91	0,017	65	1,93	0,015	0,88
	Ваготоники	23	1,98	0,003	35	1,97	0,013	0,75
2018г								
Русские	Симпатикотоники	65	2,09	0,067	60	1,94	0,078	1,46
	Ваготоники	21	2,08	0,148	12	1,96	0,048	0,77
	Эйтоники	14	2,16	0,190	28	1,81	0,097	2,58*
Алтайцы	Симпатикотоники	30	1,71	0,018	72	1,89	0,054	3,16**
	Ваготоники	35	1,98	0,056	12	1,91	0,079	0,72
	Эйтоники	35	2,11	0,064	16	1,71	0,056	4,70***

Примечание: Здесь и далее *достоверно при $P \leq 0,05$; **при $P \leq 0,01$; ***при $P \leq 0,001$.

Для характеристики адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы, являющегося одним из основных индикаторов адаптации и влияющего на состояния организма, был проведён анализ показателей индекса функциональных изменений с учётом вегетативного статуса студентов, отражающего особенности симпатической и парасимпатической регуляции деятельности сердца и сосудов, как одной из важнейших функций вегетативной нервной системы.

Среди обследуемых студентов у большинства (60–69 %) отмечалась повышенная активность симпатической регуляции вегетативных функций – симпатикотония, исключение составили юноши алтайской национальности 2018г, среди них симпатикотоников было 40 %. Равновесие влияний симпатической и парасимпатической систем – эйтония, наблюдалась у 12–40 % студентов, преобладание парасимпатической регуляции – ваготония отмечена у 16,6–20,6 % студентов. В 2017 году в группах юношей и девушек алтайской национальности выявлен незначительный процент эйтоников, что не позволило провести у них статистическую обработку значений адаптационного потенциала и сделать сравнительный анализ. Индекс функциональных изменений, отражающий адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы, в большинстве исследуемых групп с различиями в вегетативном статусе был удовлетворительным, и не превышал 2,1 балл, что свидетельствует о нормальном протекании адаптации. Напряжение механизмов адаптации (2,11–2,16 баллов), характеризующееся функциональным напряжением возможностей организма наблюдалось в группах юношей русской и алтайской национальности, с вегетативным статусом – эйтония, что достоверно отличало их от девушек имеющих такой же вегетативный статус. У девушек ваготоников, русской национальности напряжение адаптационных механизмов отмечено лишь в 2017 году, в последующий год у студенток, имеющих вегетативный статус – ваготония, адаптация протекала удовлетворительно. Напряжение механизмов адаптации может приводить к снижению уровня здоровья и, как следствие, развитию заболеваний [4], поэтому индивидов, с индексом функциональных изменений превышающим 2,11 балл, следует относить к группе риска и, с учётом этого, проводить воспитательные мероприятия и индивидуальную работу здоровьесберегающей направленности с привлечением специалистов психологов и медицинских работников с разработкой индивидуальных рекомендаций.

Оценка адаптации сердечно-сосудистой системы, при которой учитывается вегетативный статус студентов, является достаточно информативной, и может выявить напряжение адаптации у студентов имеющих различия в активности симпатической и парасимпатической нервной регуляции вегетативных функций.

При оценке адаптационного потенциала важно также учитывать тип кровообращения студентов. Индивиды с разными типами кровообращения обладают различными адаптационными возможностями, а, следовательно, различной степенью устойчивости к внешним негативным факторам. Гипокинетические и эукинетические типы кровообращения характеризуется более экономичным режимом адаптации, при гиперкинетическом типе кровообращения имеет место высокая активность симпатико-адреналовой системы и сердце работает

в наименее экономичном режиме и диапазон компенсаторных возможностей у гиперкинетиков ограничен [9].

Данные по адаптационному потенциалу студентов с различиями в типе кровообращения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы у студентов с различиями в типе кровообращения

Национ.	Тип кровообращения	Юноши			Девушки			t
		n ₁ (%)	M ₁	δ_1	n ₂ (%)	M ₂	δ_2	
2017г								
русские	Гипокинетики	68	2,1	0,075	67	1,8	0,062	3,08**
	Эукинетики	15	2,13	0,09	16	1,7	0,12	2,86**
	Гиперкинетики	17	1,95	0,12	17	1,88	0,13	0,51
алтайцы	Гипокинетики	81	2,04	0,094	58	1,8	0,087	1,87
	Эукинетики	7	2,01	0,13	17	1,7	0,019	2,38*
	Гиперкинетики	12	1,98	0,071	25	1,82	0,067	2,11
2018г								
русские	Гипокинетики	63	2,09	0,055	76	1,89	0,059	3,41**
	Эукинетики	19	2,12	0,081	12	1,91	0,028	2,57*
	Гиперкинетики	18	1,97	0,076	12	2,03	0,064	0,86
алтайцы	Гипокинетики	78	1,93	0,092	54	1,77	0,043	1,7
	Эукинетики	8	1,82	0,083	29	1,94	0,076	1,35
	Гиперкинетики	14	1,67	0,169	17	2,00	0,165	1,68

По данным сравнительного анализа показателей адаптационного потенциала обследованных установлено, что у девушек алтайской и русской национальностей и юношей алтайской национальности с различиями в типе кровообращения адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы был удовлетворительным, исключение составили значения адаптационного потенциала юношей русской

национальности с эукинетическим типом кровообращения, в 2017 и 2018 годах у них выявлено напряжение механизмов адаптации, что достоверно отличает их от девушек – эукинетиков.

Анализ данных адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы обследованных без учёта типа кровообращения и вегетативного статуса, показал, что в большинстве случаев адаптация у студентов протекала удовлетворительно (86 %–63 %), напряжение механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы у русских юношей и русских девушек наблюдалось в 37–32% случаев, у юношей и девушек алтайцев в 32–14 %, соответственно. Более успешно адаптация протекала у алтайских студентов, что, по всей видимости, связано с их общей выносливостью, для этих студентов характерен среднегорный и высокогорный тип адаптации. Проведённые исследования позволили заключить, что образовательный процесс в вузе должен планироваться и реализовываться с включением мероприятий здоровьесберегающей направленности ориентированных на охрану жизни и здоровья и успешную адаптацию студентов в вузе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённого исследования позволили установить, что оценка адаптации сердечно-сосудистой системы, при которой учитывается вегетативный статус студентов, является достаточно информативной, и может выявить напряжение адаптации у студентов имеющих различия в активности симпатической и парасимпатической нервной регуляции вегетативных функций. У большинства обследуемых студентов отмечалась повышенная активность симпатической регуляции вегетативных функций – симпатикотония (60–69 %), равновесие влияний симпатической и парасимпатической систем – эйтония, наблюдалась у 12–40% студентов, преобладание парасимпатической регуляции – ваготония отмечена у 16,6–20,6 % студентов. Анализ адаптационного потенциала с учётом вегетативного статуса выявил, что у обследуемых в большинстве случаев адаптация протекала удовлетворительно, однако, в некоторых группах, отмечена разная степень напряжения механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы (2,11 и выше), так у юношей русской национальности с вегетативным статусом эйтония, индекс функциональных изменений в разные годы равнялся 2,11–2,16; что свидетельствует о повышенной мобилизации ресурсных возможностей с высокой вероятностью их последующего истощения. При сравнительном анализе показателей адаптационного потенциала обследованных с различиями в типе кровообращения установлено, что у девушек алтайской и русской национальностей и юношей алтайской национальности адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы был удовлетворительным, в то время как у юношей русской национальности с эукинетическим типом кровообращения, в 2017 и 2018 годах выявлено напряжение механизмов адаптации, что достоверно отличает их от девушек – эукинетиков. По данным некоторых исследователей у юношей чаще проявляется напряжение механизмов адаптации по сравнению с девушками [4]. Напряжение механизмов адаптации может приводить к снижению уровня здоровья и, как следствие, развитию заболеваний, поэтому индивидов, с адаптационным потенциалом

сердечно-сосудистой системы превышающим 2,11 балл, следует относить к группе риска, с ними необходимо проводить индивидуальную работу с привлечением специалистов психологов и медицинских работников, учебный процесс в вузе должен быть здоровьесберегающим с включением здоровьесберегающих мероприятий.

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. Сметаникова, 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. Севрюкова Г. А. Неспецифическая резистентность организма иностранных студентов при адаптации к новым климатическим условиям Волгоградского региона / Севрюкова Г. А., Тюменцева Е. В., Севрюкова П. Л., Товмасын Л. А. // *Учён. зап. Крымск. фед. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология. Химия»*. – 2019. – Т.5, №3. – С. 85–94.
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. Delfino J. P. Quantifying insufficient coping behavior under chronic stress: a cross-cultural study of 1,303 students from Italy, Spain and Argentina / J. P. Delfino, E. Barragan, C. Botella, et al. // *Psychopathology*. – 2015. – Vol. 48(4). – P. 230–239. DOI: 10.1159/000381400
7. Moritz K. Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort considering different sources of validity evidence / K. Moritz // *Cogent Education*. – 2017. – No. 4. – P.1–10. DOI: 10.1080/2331186X.2017.1280256
8. Воронков Е. Г. Способ определения минутного объёма кровотока сердечного и вегетативного индексов: методические рекомендации / Е. Г. Воронков, Е. Г. Воронкова, М. М. Налимов – РИО ГАГУ, Горно-Алтайск. – 2005. – 34с.
9. Ефремова Т. Г. Оценка состояния здоровья по Г. Л. Апанасенко как метод экспресс - диагностики в процессе физического воспитания / Т. Г. Ефремова, Е. А. Волкова // *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: <http://interactive-plus.ru/e-articles/132/Action132-8577.pdf>
10. 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.
11. Бунак В. В. Изучение популяции в антропологии / В. В. Бунак // *Вопросы антропологии*. – 1965. – № 21. – С. 5–17.

ADAPTATION POTENTIAL OF SEDIC-VASCULAR SYSTEM OF FRESHMEN
STUDENTS IN HIGHER EDUCATION

Simonova O. I.

Gorno-Altai state University, Gorno-Altai, Russian Federation

E-mail: soi1777@mail.ru

The results of the study of the cardiovascular system adaptation of freshmen students at the university which are presented in the article reflect the peculiarities of adaptation of girls and young men of Russian and Altai nationality to the university in 2017 and 2018. The study of the features of adaptation of the cardiovascular system was carried out taking into account sex, nationality, vegetative status and type of circulation. 160 students were examined. Girls and young men of Altai nationality lived in the regions of the highlands and middle-mountain of the Republic of Altai before entering Gorno-Altai State University, which is located in the low-mountain region. Altai students had to adapt at the beginning of their studies not only to the educational process of the university, but also to the new climatic conditions. The Russians who lived in the conditions of the low-mountain region had to adapt only to the educational process of the university.

During the initial period of study at the university a number of factors influence on the body of students, which can lead to tension of adaptation mechanisms and cause health disorders. The results of the study made it possible to establish that taking into account the vegetative status of the subjects the assessment of the adaptation of the cardiovascular system is quite informative and can reveal the tension of the adaptation mechanisms. Most students showed increased activity of sympathetic regulation of vegetative functions – sympathicotonia (60–69 %), balance of influences of sympathetic and parasympathetic systems – eitonina, was observed in 12–40 % students, dominance of parasympathetic regulation – vagotonia was noted in 16.6–20.6 % students. Analysis of adaptation potential taking into account vegetative status and circulatory type revealed that adaptation was satisfactory in the majority of cases, but in Russian young men with vegetative eitonina status and eukinetic circulatory type there was tension in mechanisms of cardiovascular adaptation (2.11 and higher), which indicates increased mobilization of resource opportunities with high probability of their subsequent depletion. According to some researchers, young men are more likely to have a strain on adaptation mechanisms than the girls. The stress of adaptation mechanisms can lead to a decrease in the health level and, as a result, the development of diseases, so in individuals, with an index of functional changes exceeding 2.11 points, should be considered as a risk group. The studies carried out will allow to organize educational work in the university aimed at preserving and improving the health of students, taking into account the peculiarities of their adaptation.

Keywords: university, adaptation, students, cardiovascular system, circulatory types, vegetative status.

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. 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).
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. Delfino J. P., Barragan E., Botella C., Braun S., Bridler R. Quantifying insufficient coping behavior under chronic stress: a cross-cultural study of 1,303 students from Italy, Spain and Argentina, *Psychopathology*, **48(4)**, 230 (2015).
7. Moritz K. Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort considering different sources of validity evidence, *Cogent Education*, **4**, 1 (2017).
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. (RIO GAGU, Gorno-Altaiisk, 2005).
9. 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>
10. Kerdo I. Index calculated from data from the blood circulation for the assessment of the vegetative Tonus, *Acta neurovegetativa*, **2**, 250 (1966).
11. Bunak V. V. The study of population in anthropology, *Anthropology questions*, **21**, 5 (1965).

УДК 594.1:627

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПОСЕЛЕНИЯ МИДИЙ НА КРУПНОМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СООРУЖЕНИИ

Соловьёва О. В.

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

В работе исследовалась пространственная и временная изменчивость обилия и масс-размерных характеристик поселений моллюска *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) на крупном гидротехническом сооружении. Установлено, что численность мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты в период с 2005 по 2018 гг. колебалась в пределах от 13 до 50586 экз.·м⁻². Биомасса мидий в период исследований была в диапазоне от нескольких граммов на квадратный метр до 20 кг на единицу площади. В период исследований на сооружении обитали мидии в диапазоне размеров от 0 до 60–70 мм. Преимущественно численно доминировала размерная группа длиной до 10 мм. Вероятно, отмеченные колебания обилия мидиальных поселений на исследуемом сооружении, являются закономерными сукцессионными изменениями, связанными с комплексом абиотических, биотических и антропогенных факторов.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, мидии, многолетняя динамика, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

Прибрежная зона урбанизированных территорий в настоящее время является зоной максимального антропогенного пресса. Побережье городов изобилует гидротехническими сооружениями различного назначения. Такие конструкции становятся новыми дополнительными субстратами для поселения организмов – обростателей. Одним из наиболее массовых видов гидробионтов на подводной части гидротехнических сооружений в условиях северного побережья Чёрного моря являются мидии, образующие в последние годы на различных его участках поселения с плотностью от 403 до 14726 экз.·м⁻² [1].

Севастопольская бухта – самая крупная портовая акватория эстуарного типа в Чёрном море. Её протяжённость составляет около 7,3 км, при максимальной ширине – около 1,4 км. Вход в бухту частично ограничен защитными молами. Внутри акватории функционирует множество причалов различного конструктивного типа. Побережье бухты, примыкающее к центральной части г. Севастополя, обрамлено бетонной набережной протяжённостью почти 2 км. На этом крупном гидротехническом сооружении формируются обильные поселения митилидных моллюсков, которые систематически исследуются с 2005 г.

Численность митилидных моллюсков в прибрежной зоне может претерпевать существенные колебания [2, 3]. В последние годы снижение численности и биомассы мидий в естественных поселениях отмечено в различных районах

Чёрного моря [4–6], в том числе на отдельных участках крымского побережья [6, 3]. При этом данные о многолетней динамике поселений мидии на искусственных субстратах крымского побережья ограничены.

Целью работы стало исследование пространственной и временной изменчивости обилия и масс-размерных характеристик поселений моллюска *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) на примере крупного гидротехнического сооружения.

Полученные данные могут частично восполнить пробел в информации о состоянии митилидных поселений твёрдых субстратов северной части Чёрного моря. При этом мы полагаем, что изменение обилия руководящих видов митилид в обрастании модельного гидротехнического сооружения во времени является неизбежным сукцессионным процессом. Он протекает, преимущественно, в связи с изменением абиотических условий и под влиянием антропогенного фактора [2, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал собран на семи станциях (ст.), расположенных вдоль набережной Севастопольской бухты, между мысами Николаевским и Хрустальным (рис. 1). Пробы были отобраны в результате семи съёмов: в июне 2005, 2009, 2010, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг. ручным скребком с глубины 0,5–1 м. В 2005 г. пробоотбор производился на площадке 25×25 см в пяти повторностях, и 16×16 см в трёх повторах – при последующих работах. В 2010 г. пробы отбирали только на ст. 2. Таким образом, общее число проб, собранных на семи станциях, составило 143.

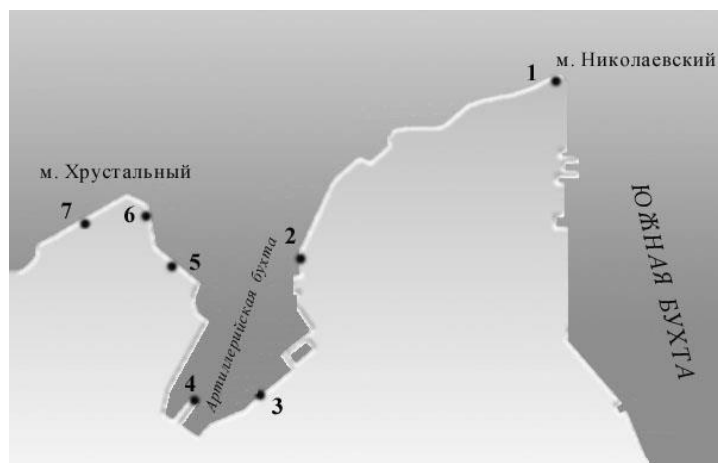


Рис. 1. Схема отбора проб на набережной Севастопольской бухты

Из образцов обрастания, собранных с поверхности набережной Севастопольской бухты, отбирали мидий (*Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819). Далее их измеряли штангенциркулем (точность 0.1 мм) и разделяли на размерные группы 1–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–70, 71–80, 81–90, 91–100 мм. Особи с пограничным размером относили к группе более крупных организмов.

Особей мельче 1 мм не учитывали. После удаления жидкости из створок моллюсков их взвешивали на технических весах (точность 0,1 г).

Распределению моллюсков на твёрдых субстратах присуща пятнистость [8], что зачастую понижает достоверность сравнения такого рода данных. Проверка показала негауссовский характер распределения исследуемых величин. В результате статистические оценки проводили непараметрическими методами. Достоверность межгодовой изменчивости численности мидий была оценена с использованием непараметрического теста Фридмана ($p \leq 0,05$). Для оценки пространственной изменчивости показателей численности и биомассы моллюсков использовали ряд статистических тестов: сравнение рангов, медианный тест, тест Крассела-Валлиса ($p \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Численность мидий в период исследований колебалась в пределах от 13 до 50586 экз. \cdot м² (рис. 2). В 2015 г. на отдельных станциях отмечен многократный рост этого показателя относительно показателей предшествующего периода. В 2016 г. всплеск числа мидий наблюдался практически на всех станциях отбора проб. На следующий год следовало резкое снижение (относительно предыдущего), а затем в среднем отмечен рост по сооружению. Численность митилидных моллюсков в прибрежной зоне может претерпевать существенные колебания. Данный факт отмечен в различных регионах мира [13, 6]. Причинами этого явления могут быть повышение плотности спата, гидрологические факторы, в частности, аномальные температуры, влияющие на его способность удерживаться на субстрате [14, 15] и др. В нашем случае отсутствуют данные об обилии спата, также судя по гидрометеорологическим сводкам, нельзя говорить о наличии аномальных температур в период исследования. В период пробоотбора (в 2016–2018 гг.) температура воды составляла 18^oC [16]. Вопрос выявления группы факторов, влияющих на характеристики поселений остаётся насущным. Причина этих явлений до конца не ясна ввиду своей многофакторности. В частности, их связывают с естественной цикличностью, влиянием абиотических и биотических факторов окружающей среды [17, 8], хаотическими явлениями [18].

Аппроксимация изменения средней по сооружению численности во времени линейной зависимостью показала низкую достоверность такого рода тренда ($R^2=0,06$). Таким образом, мы наблюдаем флуктуации численности мидий, которые достигают порядка величин и, вероятно, носят естественный характер. Колебание обилия митилидных поселений отмечаются на объектах различного масштаба и в разнообразных регионах. Исследователи склоняются к тому, что они преимущественно связаны не с обилием спата, а с факторами среды, определяющими смертность моллюсков – основной демографический фактор [9, 10]. Особенно выражены колебания были на станциях с высокими показателями численности (ст. 4, 5, 6). На участках, где моллюсков было мало, рост их числа был не столь выраженным.

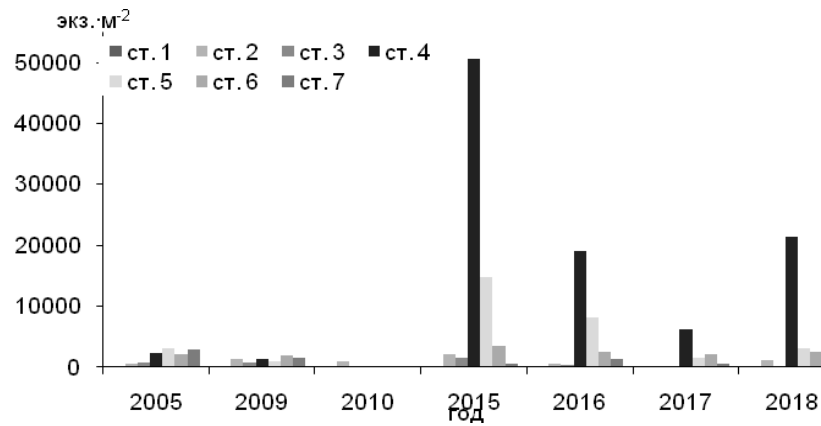


Рис. 2. Численность мидий на набережной Севастопольской бухты (ст. 1 –ст.7) в период 2005–2018 гг. (экз.·м⁻²)

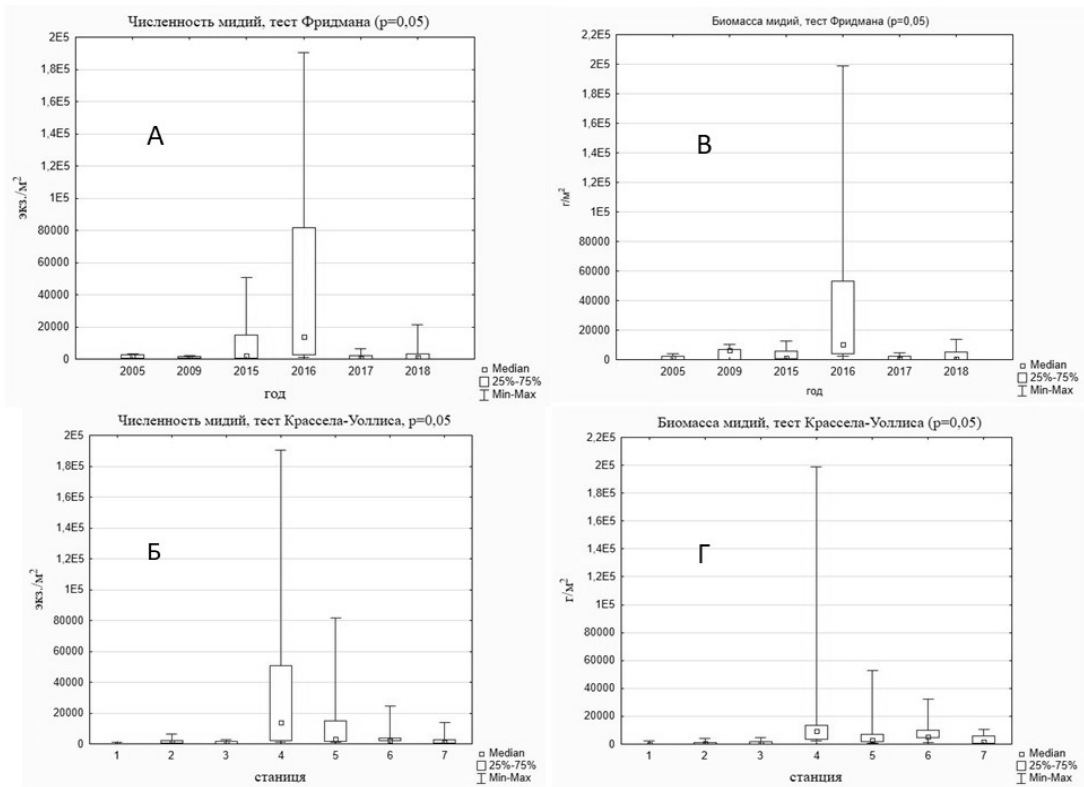


Рис. 3. Графики результатов статистических тестов (А – тест Фридмана для численности мидий; Б – тест Крассела-Уоллиса для численности мидий; В – тест Фридмана для биомассы мидий; Г – Крассела-Уоллиса для биомассы мидий)

Биомасса мидий в период с 2005 по 2018 гг. имела широкий диапазон колебаний и составляла от нескольких граммов на квадратный метр до 20 кг на единицу площади (рис. 4). В пределах отдельных станций флуктуации также доходили до 2-х порядков. Наибольшими показателями выделялась ст. 4, где биомасса данного вида была в пределах от 2 до 20 кг·м⁻². Наименьшие показатели обилия наблюдались на ст. 1. В 2015–2016 гг. отмечен рост биомассы, наиболее выраженный в 2016 г. В дальнейшем она постепенно снижалась. Рост биомассы в отдельные периоды наиболее ярко выражен на станциях с обильным мидиевым обрастанием (ст. 4 – ст. 7). В среднем по сооружению временная трансформация биомассы мидий не имела достоверного тренда ($R^2=0,04$).

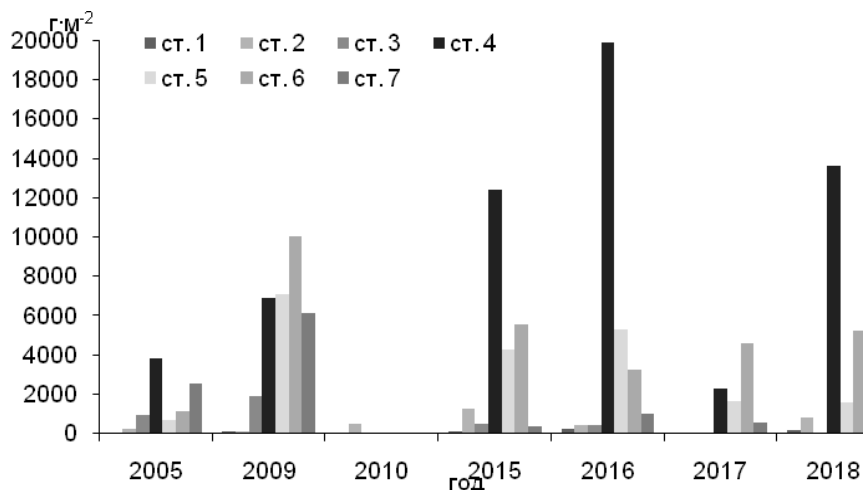


Рис. 4. Биомасса мидий на набережной Севастопольской бухты (ст. 1 – ст.7) в период 2005–2018 гг. (г·м⁻²)

Анализ (тест Фридмана ($p \leq 0,05$)) показал статистическую достоверность имеющихся различий и его результаты указывают на наличие значимых колебаний биомассы мидий в период с 2005 по 2018 гг (рис. 3 В). Большая часть различий связана со всплеском показателей в 2016 г. Если исключить из анализа 2016 г., который отличался высоким обилием, по-прежнему можно фиксировать достоверные межгодовые колебания биомассы мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты.

Пространственная изменчивость исследуемого показателя была исследована с помощью непараметрических статистических методов (сравнение рангов, медианный тест, тест Крассела-Валлиса), которые подтвердили статистическую значимость отличий (рис. 3 Г). Наибольшие значения показателей обилия мидий систематически были на ст. 4, находящейся в вершинной части б. Артиллерийской. Вероятно, там существуют условия, благоприятные для обитания данного вида в поверхностном горизонте гидротехнических сооружений. Эта станция

ориентирована на северо-восток. Она находится в куте бухты, и наименее подвержена штормам, что улучшает условия оседания и выживания молоди мидий [8]. Невысокие показатели обилия отмечались на ст. 1 – 3 и 7 – имеющих одинаковую ориентацию – северо-запад. В результате такой ориентации при ветрах северо-западных румбов данные участки нередко находятся под ударом достаточно мощных волн. Таким образом, пространственные различия в распределении моллюсков в большой степени можно связать с волновой нагрузкой на конкретный отрезок набережной.

В период исследований на сооружениях обитали мидии в диапазоне размеров от 0 до 60...70 мм (рис. 5). Единичные моллюски крупнее 60 мм обнаружены только в 2015 г. В 2005, 2010, 2015, 2017, 2018 гг. преобладала по численности размерная группа длиной до 10 мм. В 2009 и 2016 гг. доминировали мидии длиной 20–30 мм, что может быть связано с более ранним оседанием спата и его хорошей выживаемостью в указанные годы. Известно, что в условиях Севастопольской бухты массовое оседание мидий происходит в период с апреля по июнь [11], а его начало связано с температурой воды и может иметь определённое смещение [8]. В результате количество более крупных моллюсков в период пробоотбора было выше, чем в другие годы. В целом с увеличением размеров, доля особей снижалась.

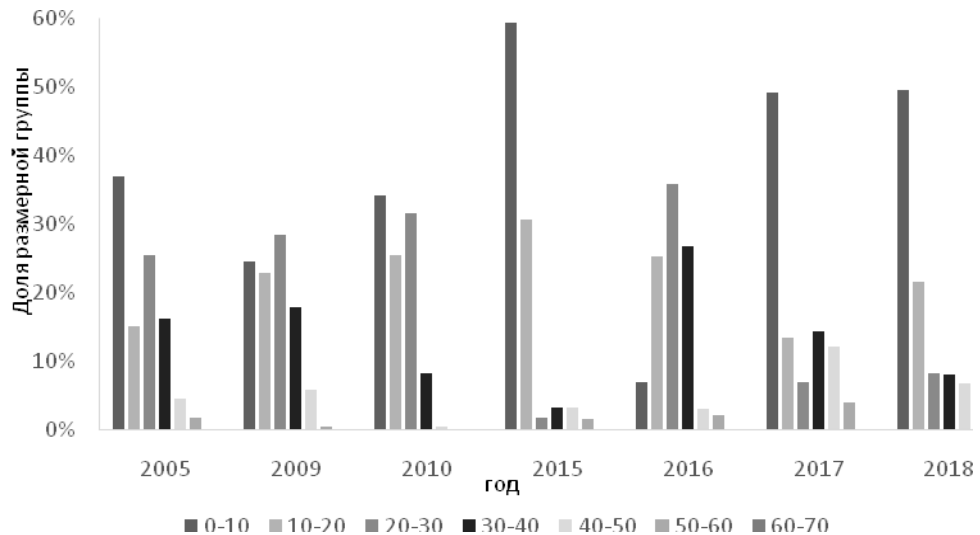


Рис. 5. Размерный состав мидий на набережной Севастопольской бухты в период 2005–2018 гг., %

Судя по линейным размерам, продолжительность жизни моллюсков не превышала один год [8]. В целом размерный состав мидий говорит о незначительной продолжительности их жизни, что характерно для данного горизонта. А размерная структура поселений определяется ритмами оседания и выживаемостью годовиков [8].

Обращает на себя внимание рост обилия мидий в 2016 г. Особенно он был выражен на ст. 4, где в этот год показатели биомассы достигали почти 20 кг·м⁻². Судя по размерной структуре поселений, данный всплеск в меньшей мере связан с обильным оседанием спата, а в большей – с высокой выживаемостью моллюсков. Об этом свидетельствует размерная структура мидиевого поселения на набережной. Где в 2016 г. на долю молоди длиной до 1 см приходилось 7 %, а на более крупные размерные фракции (11–40 мм) – суммарно 88 %. При том, что в другие годы вклад молоди длиной до 1 см в размерную структуру поселения достигал 49 %.

Флуктуации численности и биомассы мидий, омоложение популяции, в связи с уменьшением продолжительности жизни особей отмечалось и на других участках крымского побережья (скалы Карадага). На более продолжительном временном отрезке (около 70 лет) отмечался как весомый рост обилия моллюсков, так и его существенное сокращение. Данные явления авторы связывают с изменением степени эвтрофирования Чёрного моря и лишь отчасти с прессом хищного моллюска-вселенца *Rapana venosa* [12]. Отдельные авторы, опираясь на многолетние данные о поселениях мидий на твёрдых субстратах, предполагают циклический характер развития указанных поселений с периодом около 70 лет [19]. Таким образом, вероятно, что отмеченные колебания обилия мидиевых поселений на исследуемом сооружении, являются закономерными сукцессионными изменениями, связанными с комплексом абиотических, биотических и антропогенных факторов [2, 7, 12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Численность мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты в период с 2005 по 2018 гг. колебалась в пределах от 13 до 50586 экз·м⁻². Биомасса мидий в период исследований была в диапазоне от нескольких граммов на квадратный метр до 20 кг на единицу площади. Значимого тренда в изменении средних показателей численности и биомассы не отмечено.
2. Статистический анализ показал наличие достоверных межгодовых колебаний численности и биомассы данного вида. Разброс численности на станциях с различными гидродинамическими условиями составлял в отдельные периоды от нескольких раз (2009 г.) до двух порядков величин (2015 г.). Межгодовые колебания численности данного вида были преимущественно связаны с увеличением численности мидий в 2015–2016 гг. Временные флуктуации биомассы моллюска в большей мере обусловлены всплеском показателей в 2016 г. Если исключить из анализа 2016 г., который отличался высоким обилием, по-прежнему можно фиксировать достоверные межгодовые колебания биомассы мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты.
3. Изменчивость показателей обилия мидии на различных участках набережной имела статистическую достоверность. Наибольшие значения численности и биомассы мидий систематически были на станции, находящейся в вершинной части б. Артиллерийской. Невысокая плотность поселения отмечалась на

станциях, имеющих одинаковую ориентацию – северо-запад. В результате такой ориентации при ветрах северо-западных румбов данные участки нередко находятся под ударом достаточно мощных волн. Таким образом, вероятно, что пространственные различия в распределении моллюсков в большой степени можно связать с волновой нагрузкой на конкретный отрезок набережной.

4. В период исследований на сооружении обитали мидии в диапазоне размеров от 0 до 60–70 мм. Большую часть периода исследования численно доминировала размерная группа длиной до 10 мм. В целом размерный состав мидий говорит о незначительной продолжительности жизни мидий, что характерно для приповерхностного горизонта. Размерная структура поселений преимущественно определяется ритмами оседания и выживаемостью годовиков.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ гос. регистрации АААА-А18-118020890090-2).

Список литературы

1. Соловьёва О. В. Митилидное обрастание отдельных гидротехнических сооружений в прибрежных акваториях Севастополя (Крым, Черное море) / О. В. Соловьёва // Экология и строительство. – 2019. – № 2. – С. 27–34. doi: 10.35688/2413-8452-2019-02-004.
2. McQuaid C. D. Simple, scale-dependent patterns emerge from very complex effects – an example from the intertidal mussels *Mytilus Galloprovincialis* and *Perna Perna* / C. D. McQuaid, F. Porri, K. R. Nicastro [at al.] // Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. – 2015. – № 53. – С. 127–156.
3. Соловьёва О. В. Динамика совместных поселений *Mytilus galloprovincialis* Lam. и *Mytilaster lineatus* Gmel. на крупном гидротехническом сооружении в условиях Севастопольской бухты (Чёрное море) / О. В. Соловьёва // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. – 2017. – № 3. – С. 83–89.
4. Елецкий Б. Д. Концепция сохранения и использования запасов двустворчатых моллюсков в восточной части Чёрного моря: Автореферат дис. ...д-ра биол. наук. / Елецкий Б. Д. – Краснодар. – 2006. – 46 с.
5. Шурова Н. М. Структурно-функциональная организация популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Черного моря / Н. М. Шурова. – Киев.: Наукова думка., 2013. – 206 с.
6. Ковалёва М. А. Многолетняя динамика макрофауны скал в акватории Карадага (Чёрное море) / М. А. Ковалёва, М. В. Макаров, Н. А. Болтачёва [и др.] // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2015. – № 3–4 (64). – С. 320–325.
7. Говорин И. А. Перифитонные поселения мидий *Mytilusgalloprovincialis* (Lamarck, 1819) и митилистера *Mytilasterlineatus* (Gmelin, 1791) в условиях аномально высокой температуры прибрежных морских вод / И. А. Говорин, Е. И. Шацилло // Ruthenica. – 2012. – Vol. 22., No. 2. – С. 101–110.
8. Заика В. Е. Митилиды Чёрного моря. / В. Е. Заика, Н. А. Валовая, А. С. Повчун [и др.] – Киев: Наукова думка, 1990. – 208 с.
9. Blanchette C. A. Distribution, abundance, size and recruitment of the mussel, *Mytilus californianus*, across a major oceanographic and biogeographic boundary at Point Conception, California, USA / C. A. Blanchette, S. D. Gaines // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 2007. – № 340. – P. 268–279.

10. James L. Bodkin. Variation in abundance of Pacific Blue Mussel (*Mytilus trossulus*) in the Northern Gulf of Alaska, 2006–2015 / James L. Bodkin, H. A. Coletti, B. E. Ballachey [at al.] // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – January 2018. – Vol. 147. – P. 87–97.
11. Далёкая Л. Б. Влияние структуры предшествующих сообществ на оседание мидий / Л. Б. Далёкая // Научно-технические проблемы марикультуры в стране: Всес. конф., 16–20 мая, 1990. тез. докл., Владивосток – 1989. – С. 80–81.
12. Ковалёва М. А. Многолетняя динамика состояния поселения Mytilidae скалах Карадага (Чёрное море) / М. А. Ковалёва, Н. А. Болтачёва, Н. С. Костенко // Морской экологический журнал – Т. XI, № 2. – 2012. – С. 39–43.
13. Dankers N. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring of other ecological parameters / N. Dankers, K. Koelemaij // Helgolander Meeresunters. – 1989. – № 43. – P. 529–535.
14. Золотницкий А. П. Рост спата черноморской устрицы, полученного в искусственных условиях / А. П. Золотницкий, В. Л. Монин // Рыбное хоз-во. – 1988. – № 9. – С. 51–53.
15. Габаев Д. Д. Антропогенное эвтрофирование залива Посьета Японского моря установками марикультуры / Д. Д. Габаев, А. В. Кучерявенко, Н. А. Шепель // Биол. Моря. – 1998. – Т. 24, № 1 – С. 53–62.
16. <https://seatemperature.ru/>
17. Paine R. T. Intertidal landscapes: Disturbance and the dynamics of pattern. / R. T. Paine, S. A. Levin // Ecological Monographs. – 1981. – № 51(2). – P. 145–178.
18. Benincà E. Species fluctuations sustained by a cyclic succession at the edge of chaos / E. Benincà, B. Ballantine, S. P. Ellner [at al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2015. – Vol. 112, № 20. – P. 6389–6394.
19. Бондарев И. П. Динамика руководящих видов современных фаций Черного моря / И. П. Бондарев // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2013. – № 3. – С. 78–93.

LONG-TERM DYNAMICS OF MUSSELS SETTLEMENTS ON A LARGE-SCALE MARITIME WORK

Soloveva O. V.

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

A maritime works form additional substrates for the settlement of fouling organisms. One of the most widespread species of aquatic organisms on the underwater part of marine waterworks in the conditions of the northern Black Sea coast are mussels. The aim of the work was to study the spatial and temporal variability of the abundance and mass-size characteristics of mollusk *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) settlements using an example of a large hydraulic structure. The data obtained can partially fill the gap in the information on the state of Mytilidae settlements of solid substrates of the northern part of the Black Sea.

The spatial and temporal variability of abundance and mass-size characteristics of *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) settlements at a large maritime work was studied. It was established that the number of mussels on the underwater part of the quay of the

Sevastopol Bay in the period from 2005 to 2018 ranged from 13 to 50586 ind. \cdot m⁻². During the study period, the mussel biomass ranged from a few grams to 20 kg per square meter.

Statistical analysis demonstrated the presence of reliable interannual fluctuations in the abundance and biomass of this species. The spread in number at stations with different hydrodynamic conditions ranged from several times (2009) to two orders of magnitude (2015) in some periods. Interannual fluctuations in the abundance of this species were mainly associated with an increase in the number of mussels in 2015–2016. Temporary fluctuations in mollusk biomass were mainly due to a spike in indicators in 2016. If we exclude from the analysis of 2016, which was characterized by a high abundance, we can still record reliable interannual fluctuations of mussel biomass on the underwater part of the embankment of the Sevastopol Bay. The variability of the abundance of mussel in various sections of the embankment was statistically significant. The highest abundance and biomass of mussels were systematically at the station located in the apical part of Artilleriyskaya bay. Low settlement density was noted at stations with the same orientation – northwest. As a result of this orientation, in the northwestern winds, these sections were often under the influence of sufficiently powerful waves. Thus, it is likely that spatial differences in the distribution of mollusks to a large extent can be associated with the wave load on a particular section of the embankment.

During the research period, mussels size range on the structure was from 0 to 60...70 mm. The size group up to 10 mm in length dominated numerically. As a whole, the size structure of mussels indicated an insignificant lifetime of mollusks, which is characteristic for the near-surface horizon. The size structure of the settlements was mainly determined by the rhythms of fouling and the survival rate of yearlings. Probably, the marked fluctuations in the abundance of mussel populations at the studied structure were regular succession changes associated with a complex of abiotic, biotic and anthropogenic factors.

Keywords: maritime works, mussels, long-term dynamics, Black Sea.

References

1. Soloveva O. V. Mytilidae fouling of individual hydraulic structures in the coastal waters of Sevastopol (Crimea, Black Sea), *Ekologiya i stroitel'stvo*, **27**, 2, (2019) doi: 10.35688 / 2413-8452-2019-02-004.
2. McQuaid C. D., Porri F., Nicastro K. R. at al. Simple, scale-dependent patterns emerge from very complex effects – an example from the intertidal mussels *Mytilus Galloprovincialis* and *Perna Perna*, *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **53**, 127 (2015).
3. Soloveva O. V. The dynamics of mixed settlements of *Mytilus galloprovincialis* Lam. and *Mytilaster lineatus* Gmel. on a large-scale hydraulic structure in the conditions of the Sevastopol Bay (Black Sea), *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo centra RAN*, **83**, 3, (2017).
4. Yeletsky B. D. The concept of conservation and use of stocks of bivalve mollusks in the eastern part of the Black Sea: Abstract dis. ... Dr. biologist. sciences. Krasnodar, 2006.46 p.
5. Shurova N. M. Structural and functional organization of the mussel population *Mytilus galloprovincialis* of the Black Sea. Kiev.: Naukova Dumka., p.206 (2013).
6. Kovaleva M. A., Makarov M. V., Boltacheva N. A. et al. Long-term dynamics of the macro-fauna of rocks in the Karadag (Black Sea), *Nauk. zap. Ternop. nac. ped. un-tu. Ser. Biol*, **3-4 (64)**, 320 (2015).
7. Govorin I. A., Shatsillo E. I. Periphytonic settlements of mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) and mitilaster *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) under conditions of abnormally high temperature of coastal sea waters, *Ruthenica*, **22**, 2, 101 (2012).

8. Zaika V. E., Valovaya N. A., Povchun A. S. et al. *Mytilides of the Black Sea*, 208 p. (Kiev: Naukova Dumka, 1990).
9. Blanchette C. A., Gaines S. D. Distribution, abundance, size and recruitment of the mussel, *Mytilus californianus*, across a major oceanographic and biogeographic boundary at Point Conception, California, USA, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **340**, 268 (2007).
10. Bodkin James L., Coletti H. A., Ballachey B. E. et al. Variation in abundance of Pacific Blue Mussel (*Mytilus trossulus*) in the Northern Gulf of Alaska, 2006–2015, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, **147**, 87 (January 2018).
11. Dalyokaya L. B. The influence of the structure of previous communities on the settling of mussels, *Nauchno-tekhnicheskie problemy marikul'tury v strane: Vses. Conf., Abstracts*, 80 (Vladivostok, 1989).
12. Kovaleva M. A., Boltacheva N. A., Kostenko N. S. Long-term dynamics of the state of the Mytilidae settlement on the cliffs of Karadag (Black Sea), *Marine Ecological Journal*, **XI**, **2**, 39 (2012).
13. Dankers N., Koelemaj K. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring of other ecological parameters, *Helgoländer Meeresunters*, **43**, 529 (1989).
14. Zolotnitsky A. P., Monin V. L. Spat growth of the Black Sea oyster obtained in artificial, *Ribnoe hozyaistvo*, **9**, 51 (1988).
15. Gabayev D. D., Kucheryavenko A. V., Shepel N. A. Anthropogenic eutrophication of the Posyet Bay of the Sea of Japan by mariculture facilities, *Russian Journal of Marine Biology*, **24**, **1**, 53 (1998).
16. <https://seatemperature.ru/>
17. Paine R. T., Levin S. A. Intertidal landscapes: Disturbance and the dynamics of pattern, *Ecological Monographs*, **51**(2), 145 (1981).
18. Benincà E., Ballantine B., Ellner S. P. [et al.] Species fluctuations sustained by a cyclic succession at the edge of chaos, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112**, **20**, 6389 (2015).
19. Bondarev I. P. Dynamics of the leading species of modern facies of the Black Sea, *Geologiya i poleznye iskopaemye mirovogo okeana*, **78**, 3 (2013).

УДК 582.5: 581.52

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-234-248

К ЭКОЛОГИИ *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. (ORCHIDACEAE) В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Сулейманова В. Н.^{1,2}, Егорова Н. Ю.¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, Киров, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров, Россия
E-mail: venera_su@mail.ru

В статье показано, что в пределах Кировской области *Cypripedium calceolus* произрастает в ельниках неморально-бореально-мелкотравных и травяных (*acc. Melico nutantis-Piceetum abietis subass. typicum, Maianthemo-Piceetum subass. typicum var. typical*), сосняках с пихтой и елью разнотравных (*acc. Melico nutantis-Pinetum sylvestris var. Lathyrus vernus*). По отношению к комплексу всех экологических факторов *C. calceolus* относится к мезобионтным видам. По шкале кислотности почв вид является гемистеновалентом, по термоклиматической и омброклиматической шкале и шкале освещенности-затенения – мезовалентом, по шкале богатства почв азотом – гемизвривалентом, по криоклиматической шкале и шкале континентальности климата – эвривалентом. Только по шкале увлажнения почвы и шкале солевого режима почв *C. calceolus* стеновалентен, что свидетельствует о весьма ограниченном диапазоне возможных местообитаний по данному фактору.

Ключевые слова: *Cypripedium calceolus* L., *Orchidaceae*, редкие виды, экологические шкалы, демографические показатели, Кировская область.

ВВЕДЕНИЕ

Orchidaceae – самое разнообразное семейство цветковых растений, виды которого занимают почти все известные места обитания на земле [1]. Многие представители этого семейства имеют чрезвычайно специфические биотопы и характеризуются особыми требованиями к среде обитания [2]. Для завершения своего жизненного цикла орхидеям необходимы микоризные грибы [3]. Кроме того, многие виды имеют очень специфические методы размножения и опыляются только определенными опылителями [4]. Обладая столь уникальными биологическими особенностями, орхидеи при этом являются весьма уязвимыми элементами экосистем, чувствительными к любым изменениям. Поэтому исследования, направленные на изучение разнообразия эколого-ценотических условий местообитаний этих редких растений для выявления факторов, лимитирующих их распространение, весьма актуальны.

Объектом нашего исследования стала одна из самых распространенных орхидей в мире – *Cypripedium calceolus* L. (венерин башмачок настоящий).

Cypripedium calceolus – летнезелёный корневищный поликарпик. Евразиатский, бореальный вид. Геофит, мезофил. Ареал охватывает всю Европу (кроме крайнего юга и севера), включая Крым и Средиземноморье, а также значительную часть Азии – растет в Малой Азии, в Сибири, на Дальнем Востоке. Кроме того, он встречается в северо-восточном Казахстане, в Монголии, северо-восточном Китае, на Корейском полуострове и в северной Японии [2, 5–7].

В России отмечен по всей лесной зоне европейской части (кроме Крайнего Севера), на Урале, на юге Сибири и Дальнего Востока (Хабаровский и Приморский края, Южный Сахалин) [2].

Как редкий вид занесен в Красную книгу Российской Федерации (3 категория редкости) [8], Кировской области (3 категория редкости) [9], а также в Красные книги 59 регионов Российской Федерации [2]. Лимитирующими факторами в Кировской области являются нарушение местообитаний в результате антропогенных воздействий – вырубки лесов, рекреации, сбор на букеты, выкапывание, сокращается численность вида.

Исследования, посвященные изучению *C. calceolus* в Кировской области, единичны [10–12].

Цель настоящей работы выявление фитоценологических параметров и экологических условий местообитаний *C. calceolus* в пределах южно-таежного фрагмента ареала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования эколого-ценологических условий местообитаний *C. calceolus* проводились в южно-таежных лесных экосистемах в пределах Кировской области (табл. 1) в период с 2012 по 2019 гг.

Описания растительных сообществ осуществляли согласно общепринятым геоботаническим методам и подходам [13]. Латинские названия сосудистых растений приведены по сводке С. К. Черепанова [14]. Для характеристики ценопопуляций (ЦП) использовали следующие демографические показатели: численность, плотность [15, 16].

Экологическую характеристику *C. calceolus* давали на основании его распространения в различных фитоценозах. Собственные геоботанические описания сообществ с участием изучаемого вида обрабатывали по индикационным экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [17]: Тм – термоклиматической, Кп – континентальности климата, Ом – омброклиматической аридности-гумидности, Ст – криоклиматической, Hd – увлажнения почвы, Тг – солевого режима почв, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, fH – переменной увлажнения, Lc – освещенности-затенения с использованием программы EcoScaleWin [18].

Экологическую валентность и толерантность *C. calceolus* определяли в соответствии с методикой Л. А. Жуковой с соавторами [19]. Для оценки приспособленности ценопопуляции (ЦП) вида к изменению одного экологического фактора, рассчитывали потенциальную экологическую валентность (PEV) по формуле: $PEV = (A_{max} - A_{min} + 1) / n$, где A_{max} и A_{min} – максимальные и минимальные значения ступеней шкалы, занятых видом, n – общее число ступеней в шкале.

По результатам РЕV определяли 5 фракций валентности (стено-, гемистено-, мезо-, гемизври-, эвривалентная). Реализованную экологическую валентность определяли по формуле: $REV = (A_{max} - A_{min} + 0,01) / n$, где A_{max} и A_{min} – максимальные и минимальные значения ступеней шкалы, занятые конкретными ЦП; n – общее число ступеней в шкале. Для выявления степени использования экологических потенций *C. calceolus*, определяли коэффициент экологической эффективности (К. ес. eff.), как отношение реализованной экологической валентности к потенциальной. Индекс толерантности (It) вида или его меру стено-эврибионтности определяли по формуле: $It = \sum REV / \sum$ шкал рассматриваемых факторов.

Статистическая обработка данных выполнена в соответствии с общепринятыми методами и подходами [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее свойственными типами местообитаний *C. calceolus* являются разреженные сосновые, еловые, широколиственные, мелколиственные и смешанные леса, реже открытые участки – лесные поляны и опушки, лесные и горные луга, а также облесенные разнотравно-зеленомошные, пушицевые и сфагновые болота [2].

В Кировской области вид встречается по еловым, елово-пихтовым и сосново-еловым лесам на известняках, по заболоченным осиново-еловым лесам на торфянистых почвах [21].

Исследованные местообитания *C. calceolus* приурочены к ельникам неморально-бореально-мелкотравным и травяным (*acc. Melico nutantis-Piceetum abietis subass. typicum*, *Maianthemo-Piceetum subass. typicum var. typical*) (рис. 1), соснякам с пихтой и елью разнотравным (*acc. Melico nutantis-Pinetum sylvestris var. Lathyrus vernus*).



Рис. 1. *Cypripedium calceolus* L. в условиях *acc. Melico nutantis-Piceetum abietis subass. typicum*

Отмечено также произрастание *C. calceolus* на техногенно нарушенном субстрате старого отработанного известкового карьера, зарастающего хвойными породами и разнотравьем. Все изученные биотопы отличаются большим постоянством неморальных видов при преимущественно фрагментарном покрытии мхов.

В древостое еловых типов леса господствует *Picea abies*, сосновых – *Pinus sylvestris*. В виде примеси встречается *Abies sibirica*. Ярус подлеска имеет разнообразный видовой состав: *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Lonicera xylosteum*, *Yuniperus communis*, *Daphne mezereum* и др. В этом ярусе большинства изученных фитоценозов присутствует лиана – *Atragene sibirica*. Травяно-кустарничковый ярус (общее проективное покрытие колеблется от 35 до 60%) также весьма разнообразен, что определяет высокую специфичность этих сообществ. Помимо видов бореального мелкотравья (*Maianthemum bifolium*, *Orthilia secunda*, *Luzula pilosa*, *Rubus saxatilis*), характерно присутствие неморальных – *Lathyrus vernus*, *Melica nutans*, *Aegopodium podagraria*, *Asarum europaeum*. Мохово-лишайниковый ярус фрагментарный (покрытие до 45%) – ЦП 1–5, либо сплошной (до 90%) – ЦП 6, в качестве содоминантов выступают *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*.

Исследуемые ЦП характеризуются неравномерным распределением особей исследуемого вида по площади ценоза. Отмечены как отдельные растения *C. calceolus*, так и многочисленные куртины, включающие от 3 до 73 особей. Краткая демографическая характеристика изученных ЦП приведена в табл. 1.

Высокие показатели численности *C. calceolus* отмечены в еловых типах местообитания (ЦП 1–3) от 107 до 288 особей. Менее 100 растений зафиксировано в сосновых фитоценозах – ЦП 5, 6. Максимальная численность исследуемого вида установлена в производном типе местообитания (отработанный известковый карьер) – ЦП 4 (488 особей). Увеличение данной ЦП, вероятнее всего, связано с наиболее благоприятными условиями здесь для семенного размножения: фрагментарный моховой покров, незначительное проективное покрытие видов травяно-кустарничкового яруса – до 35%. Одной из причин высокой численности особей в ЦП 3, 4 (рис. 2), могут быть также несколько иные эдафические условия в данных биотопах – слабокислая реакция почв ($R_c = 7,2–7,4$). Тогда как остальные фитоценозы характеризуются кислой почвенной средой ($R_c = 6,25–6,83$).

Одним из важных свойств популяции как биологической системы надорганизменного уровня выступает плотность [15]. Плотность особей в изученных ценопопуляциях сильно варьирует и колеблется в среднем от 4,1 до 25,3 ос./м² (табл. 1). Максимальная плотность отмечена в ЦП 1, в ЦП 4 данный показатель также характеризуется высоким значением – 18,8 ос./м². В остальных ЦП она в 4–6 раз ниже.

В результате проведенного корреляционного анализа статистически значимых связей условий местообитаний исследуемого вида с демографическими параметрами не выявлено.

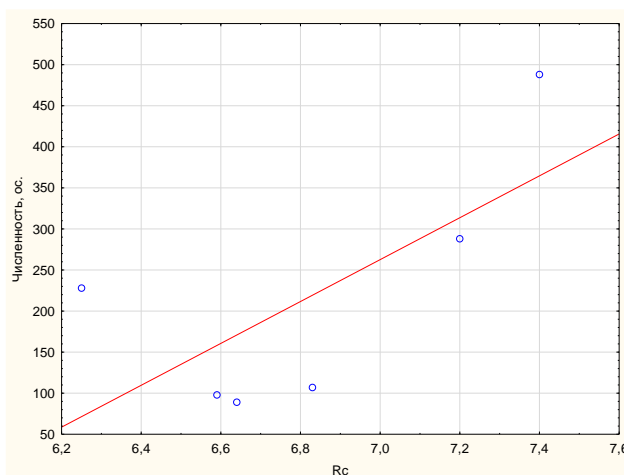


Рис. 2. Зависимость численности особей в ценопопуляциях *Cyripedium calceolus* L. от кислотности почв

Примечание: по оси абсцисс – значение кислотности почв в исследуемых местообитаниях по шкале Д.Н. Цыганова, в баллах; по оси ординат – численность особей *Cyripedium calceolus* L. в исследуемых ценопопуляциях, особей

Таблица 1

Характеристика изученных ценопопуляций *Cyripedium calceolus* L.

ЦП	Тип фитоценоза, таксационные параметры древесного яруса	Основные виды подлеска	Основные виды травяно-кустарничкового яруса	Демографические показатели <i>C. calceolus</i>	
				численность, ос.	плотность, ос./кв. м
1	Ельник разнотравный (7ЕЗП; сомкнутость крон деревьев 0,6; возраст древостоя 75 лет)	<i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Viburnum opulus</i> , <i>Atragene sibirica</i> , <i>Rosa acicularis</i> , <i>Yuniperus communis</i>	<i>Rubus saxatilis</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Myosotis sylvatica</i> , <i>Viola canina</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Chamaenerion angustifolium</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Lathyrus sylvestris</i> , <i>Actaea erythrocarpa</i> , <i>Actaea spicata</i>	228	25,3

Продолжение таблицы 1

2	Ельник травяной (8Е2П; сомкнутость крон деревьев 0,4; возраст древостоя 70 лет)	<i>Lonicera xylosteum</i> , <i>Viburnum opulus</i> , <i>Atragene sibirica</i> , <i>Ribes spicatum</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Daphne mezereum</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Rosa acicularis</i> , <i>Yuniperus communis</i>	<i>Rubus saxatilis</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Carex praecox</i> , <i>Viola mirabilis</i> , <i>V. canina</i> , <i>V. rupestris</i> , <i>Actaea spicata</i> , <i>Ajuga reptans</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Galium mollugo</i> . Отмечены редкие экземпляры <i>Epipactis atrorubens</i>	107	4,1
3	Ельник с примесью пихты и сосны травяной (6Е2П2С; сомкнутость крон деревьев 0,5; возраст древостоя 80 лет)	<i>Lonicera xylosteum</i> , <i>Atragene sibirica</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Daphne mezereum</i> , <i>Rosa acicularis</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Viburnum opulus</i> , <i>Rhamnus cathartica</i>	<i>Rubus saxatilis</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Actaea erythrocarpa</i> , <i>Carex praecox</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Lathyrus vernus</i> , <i>Luzula pilosa</i> , <i>Viola mirabilis</i> , <i>Galium boreale</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Veronica chamaedrys</i> . Отмечены единичные экземпляры <i>Monotropa hypopitys</i> , <i>Epipactis atrorubens</i>	288	6,7

4	Зарастающие сосной, елью, ивой, осиной, и разнотравьем отвалы старого отработанного известкового карьера (5С2Е2И1Ос; сомкнутость крон деревьев 0,1-0,3; возраст древостоя 25 лет)	<i>Salix caprea</i> , <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Calamagrostis langsdorfii</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Pimpinella saxifraga</i> . Встречаются также <i>Platanthera bifolia</i> , <i>Listera ovata</i> , <i>Gymnadenia conopsea</i> , <i>Epipactis atrorubens</i>	488	18,8
5	Сосняк травяной (6С2П1Е1Ос; сомкнутость крон деревьев 0,4; возраст древостоя 70 лет)	<i>Lonicera xylosteum</i> , <i>Viburnum opulus</i> , <i>Atragene sibirica</i> , <i>Daphne mezereum</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Rosa acicularis</i>	<i>Carex sylvatica</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Actaea erythrocarpa</i> , <i>Hierochloe odorata</i> , <i>Heracleum sibiricum</i> , <i>Viola canina</i> , <i>Trifolium medium</i> , <i>Poa sylvicola</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i>	89	6,4
6	Сосняк разнотравно-зеленомошный (7С2Е1П+Ос); сомкнутость крон деревьев 0,5; возраст древостоя 85 лет)	<i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Atragene sibirica</i>	<i>Majanthemum bifolium</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Paris quadrifolia</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Trientalis europaea</i>	98	5,4

Согласно данным различных авторов [2, 22–24] *C. calceolus* произрастает как под пологом леса при сомкнутости крон 0,6–0,8, так и на открытых местах. Растет на хорошо увлажненных, богатых гумусом и кальцием почвах, от нейтральных до щелочных, иногда встречается на слабокислых. Является индикатором пород, содержащих известь. В средней полосе часто растет на дерново-подзолистой или торфянисто-болотной почве [25].

Фитоиндикация изученных местообитаний *C. calceolus* по десяти экологическим шкалам Д.Н. Цыганова (табл. 2, рис. 3) показала, что по отношению к комплексу всех экологических факторов изучаемый вид является мезовалентом (МВ) ($It_{общее} = 0,54$) и имеет средний уровень лабильности по отношению к исследуемым факторам среды.

Таблица 2

Характеристика экологических условий местообитаний *Cypripedium calceolus* L.

Экологические шкалы		Экологическая позиция вида по шкале фактора	РЕV	Реализованная экологическая позиция изученных ЦП	REV	Кес. eff., %
Климатические шкалы	Tm	4–12	0,53	7,45–7,93	0,03	5,43
	Kn	3–15	0,87	8,52–9,13	0,04	4,70
	Om	5–11	0,47	8,21–8,53	0,02	4,61
	Cr	1–11	0,73	6,55–7,36	0,05	7,43
Почвенные шкалы	Hd	9–15	0,30	12,33–13,10	0,03	11,17
	Tr	5–9	0,26	5,40–6,24	0,04	16,89
	Nt	1–7	0,64	5,10–5,64	0,05	7,84
	Rc	7–11	0,38	6,25–7,35	0,09	22,24
	Fh	–	–	4,77–5,95	0,06	–
Шкала освещенности-затенения	Lc	3–7	0,56	4,17–4,86	0,13	23,84

Примечание: РЕV – потенциальная экологическая валентность; REV – реализованная экологическая валентность; Кес. eff. – коэффициент эффективности, %; «–» – данные отсутствуют

По совокупности климатических факторов *C. calceolus* является мезовалентом (МВ). Коэффициент экологической эффективности (Кес. eff) колеблется значительно от 4,61 до 23,84 %.

По термоклиматическому фактору (Tm), показывающему распределение тепла, *C. calceolus* обитает в условиях суббореального типа режима (7,45–7,93 балла).

По шкале континентальности климата (Kn) потенциальный диапазон *C. calceolus* колеблется от 3 до 15 баллов и характеризуется эвривалентной

позицией. Изученные ЦП относятся к зоне умеренно-континентального климата (субматериковый, материковый вид) с диапазоном 8,52–9,13 балла.

По омброклиматической шкале, показывающей соотношение осадков и испарения, *S. calceolus* обитает в условиях субаридного ($O_m=8,21-8,53$ баллов) климата. По данному фактору исследованные биотопы отличаются очень узким реальным диапазоном ($REV=0,02$) и минимальным показателем коэффициента экологической эффективности ($K_{эс.эф.}=4,61\%$).

По криоклиматической шкале (C_r), показывающей наличие и продолжительность морозных дней с низкими температурами, *S. calceolus* встречается в условиях довольно суровых зим / умеренных зим ($C_r=6,55-7,36$ баллов).

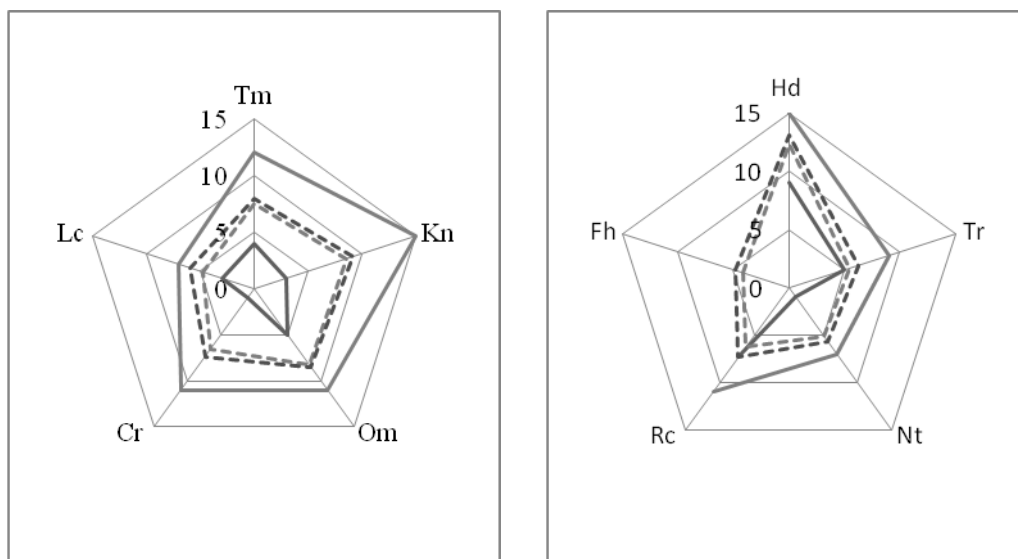
По климатическим факторам отмечены низкие значения показателей реализованной экологической валентности ($REV=0,02-0,05$) и коэффициента экологической эффективности ($K_{эс.эф.}=4,61-7,43\%$), что указывает на то, что изученные ЦП *S. calceolus* используют очень незначительную часть потенциальной экологической амплитуды климатических шкал, при достаточно широкой их потенциальной амплитуде ($PEV=0,47-0,87$). В целом, по данным факторам исследованные ЦП занимают центральную часть шкалы и находятся в пределах потенциальных диапазонов, указанных Д.Н. Цыгановым (рис. 3 А).

По отношению к комплексу почвенных факторов *S. calceolus* является гемистеновалентом (M_B) ($I_t = 0,40$) (табл. 2). Коэффициент экологической эффективности ($K_{эс.эф.}$) по данным шкалам сильно варьирует от 7,84 до 23,84 %. По большинству почвенных шкал, за исключением шкалы кислотности почв, реализованный диапазон не выходит за потенциально возможные границы (рис. 3 В).

По шкале увлажнения почвы (H_d) *S. calceolus* является стеновалентным видом, что свидетельствует об ограниченном спектре возможных местообитаний по данному фактору. Потенциальные диапазоны исследуемого вида по этой шкале составляют от 9 до 15 баллов. Показатели реализованной экологической позиции находятся в пределах от сухо-лесолугового до влажно-лесолугового типов режима (12,33–13,10 балла). По шкале увлажнения почвы выявлено минимальное значение показателя реализованной экологической валентности ($REV=0,03$).

По шкале солевого режима почв (T_r) *S. calceolus* является также стеновалентом. По шкале, включающей 19 баллов, вид встречается в диапазоне значений от 5,40 до 6,24 баллов (небогатых почвах). Показатель реализованной экологической валентности составляет 0,04 ($K_{эс.эф.}=16,89\%$).

По шкале богатства почв азотом (N_t) *S. calceolus* характеризуется как гемизэвивалентный вид ($PEV=0,64$). Реализованный диапазон составляет от 5,10 до 5,64 баллов (бедные азотом почвы). По данной шкале зарегистрировано минимальное значение коэффициента экологической эффективности ($K_{эс.эф.}=7,84\%$) среди почвенных факторов.



А

В

Рис. 3. Фрагмент экологической ниши *Cypripedium calceolus* L. в Кировской области (по шкалам Д.Н. Цыганова (1983)).

А – климатические шкалы и шкала освещенности-затенения; В – почвенные шкалы.

- – экологическая позиция изученных видов в фитоценозе по шкалам;
 ———— – экологическая позиция вида по шкалам.

По шкале кислотности почв (Rc) изучаемый вид относится к гемистеновалентам. Потенциальный диапазон варьирует от 7 до 11 баллов. Реализованный диапазон смещен на 0,75 балла в сторону более кислых почв от потенциального значения и колеблется от кислых (6,25 балла) до слабо кислых почв (7,35 балла).

Данные по шкале переменности увлажнения почвы (Fh) для *C. calceolus* отсутствуют. На исследуемой территории реализованная экологическая позиция *C. calceolus* находится в пределах от 4,77 до 5,95 баллов, что соответствует режимам от относительно устойчивого до слабо переменного увлажнения.

По шкале освещенности-затенения (Lc) значение потенциальной экологической валентности составляет 0,56 – вид мезовалентен. Реализованный диапазон занимает от 4,17 до 4,86 баллов: условия полуоткрытых пространств – светлых лесов. По данному фактору среди всех рассматриваемых факторов выявлены максимальные показатели реализованной экологической валентности (REV=0,13) и коэффициента экологической эффективности (Кес. eff=23,84 %).

Геометрический образ фундаментальной и реализованной экологических ниш, представлен на рис. 4.

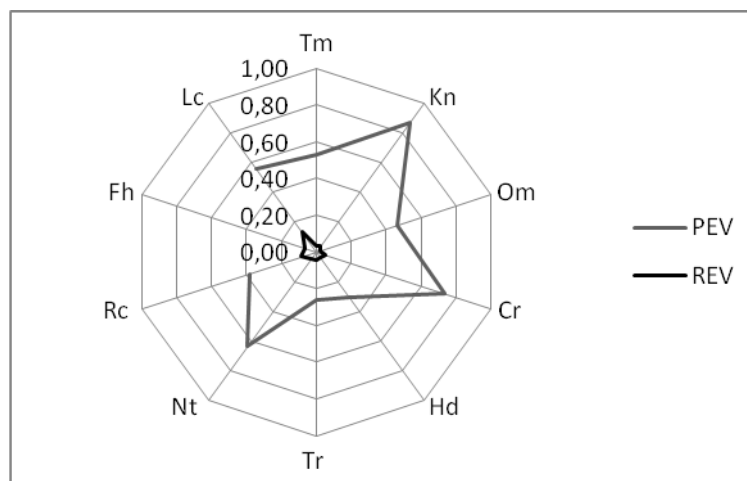


Рис.4. Потенциальная и реализованная экологические валентности изученных ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в условиях южнотаежного фрагмента ареала в пределах Кировской области *C. calceolus* произрастает в ельниках неморально-бореально-мелкотравных и травяных (*acc. Melico nutantis-Piceetum abietis subass. typicum*, *Maianthemo-Piceetum subass. typicum var. typical*), сосняках с пихтой и елью разнотравных (*acc. Melico nutantis-Pinetum sylvestris var. Lathyrus vernus*).

Вид, в изученных местообитаниях, реализует от 4,61 до 23,84 % своих потенциальных возможностей по изученным факторам. Для *C. calceolus* полученные результаты позволяют расширить на 0,75 ступени вправо шкалу кислотности почв. По остальным шкалам значения экологического пространства изученных ЦП укладываются в диапазоны, приводимые Д. Н. Цыгановым для данного вида.

Эдафические условия *C. calceolus* по шкале увлажнения почв соответствуют режимам от сухолесолугового до влажно-лесолугового; по фактору солевого режима почв – небогатым почвам; кислотности почв – кислым – слабокислым почвам; богатства почв азотом – бедным азотом почвам; переменности увлажнения – почвам с относительно устойчивым и слабо переменным увлажнением.

Исследование демографических параметров ценопопуляций в разных эколого-ценотических условиях показало, что численность особей исследуемого вида достаточно сильно варьирует в зависимости от типа фитоценоза и достигает высоких показателей в условиях еловых с примесью пихты лесов. Установлена зависимость численности особей от кислотности почв: в биотопах со слабокислой реакцией данный критерий выше, по сравнению с фитоценозами произрастающими на кислых почвах.

Список литературы

1. Christenhusz M. J. The number of known plants species in the world and its annual increase / Christenhusz M. J., Byng J. W. // *Phytotaxa*. – 2016. – Vol. 261, No 3. – P. 201–217.
2. Вахрамеева М. Г. Орхидные России (биология, экология и охрана) / Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 437 с.
3. Dearnaley J. D. Further advances in orchid mycorrhizal research / Dearnaley J. D. // *Mycorrhiza*. – 2007. – Vol. 17, No 6. – P. 475–486.
4. Nilsson L. Orchid pollination biology / Nilsson L. // *Trends in Ecology & Evolution*. – 1992. – Vol. 7, No 8. – P. 255–259.
5. Невский С. А. Сем. Ятрышниковые – *Orchidaceae*. Флора СССР / Невский С. А. – Л.: Изд-во АН СССР. – 1935. – Т. 4. – С. 589–730.
6. Смольянинова Л. А. *Orchidaceae*. Флора европейской части / Смольянинова Л. А. – Л.: Наука, 1976. – Т. 2. – С. 10–59.
7. Аверьянов Л. В. Род башмачок – *Cypripedium* (Orchidaceae) на территории России / Аверьянов Л. В. // *Turczaninowia*. – 1999. – № 2. – С. 5–40.
8. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
9. Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы. Изд. 2-е изд. – Киров: Кировская областная типография, 2014. – 336 с.
10. Казакова Т. В. Сохранение редких видов растений в пределах особо охраняемой природной территории «Медведский бор» / Казакова Т. В., Пересторонина О. Н. // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Киров: Радуга–Пресс. – 2017. – С. 234–240.
11. Харина В. А. Оценка состояния ценопопуляции *Cypripedium calceolus* на северо-востоке Кировской области / Харина В. А., Пересторонина О. Н. // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров: Вятский государственный университет. – 2019. – С. 203–207.
12. Егорова Н. Ю. Оценка состояния ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. на выходах известняковых пород по склонам долины реки Вятка / Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н. // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2019. – № 47. – С. 40–58. Doi: 10.17223/19988591/47/3.
13. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
14. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / Черепанов С. К. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
15. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 236 с.
16. Одум Ю. Экология. / Одум Ю. – М.: Мир, 1986. – Т. 2. – 376 с.
17. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Цыганов Д. Н. – М.: Наука, 1983. – 198 с.
18. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin. – Йошкар–Ола: Марийский государственный университет, Пущинский государственный университет. – 2008. – 96 с.
19. Жукова Л. А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Жукова Л. А., Дорогова Ю. А., Турмухаметова Н. В., Гаврилова М. Н., Полянская Т. А. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2010. – 368 с.
20. Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной биологии / Зайцев Г. Н. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
21. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Сосудистые растения / Тарасова Е. М. – Киров: ОАО Кировская областная типография, 2007. – 440 с.
22. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas / Ellenberg H. – Gottingen, 1974. – 97 p.
23. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora / Landolt E. // Veroff. Geobot. Inst. Rubel. N. 64. – Zurich: Stiftung Riibel. – 1977. – 208 p.

24. Мельникова А. Б. Современное состояние башмачка настоящего в Большехецирском заповеднике (Хабаровский край) / Мельникова А. Б., Вахрамеева М. Г. // Бюллетень Ботанического сада имени И. С. Косенко (Краснодар). – 1998. – №7. – С. 990–101.
25. Моисеева А. Б. О произрастании *Cypripedium calceolus* в Березинском заповеднике / Моисеева А. Б. // Ботаника. Исследования. – Минск. – 1970. – № 12. – С. 20.

ECOLOGY OF *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. (ORCHIDACEAE) IN KIROV REGION

Suleimanova V. N.^{1,2}, Egorova N. Yu¹.

¹*Federal State Budgetary Scientific Institute «Professor Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming», Kirov, Russia*

²*Federal State Budgetary Educational Institute of Higher Education «Vyatka State Agricultural Academy», Kirov, Russia*

E-mail: venera_su@mail.ru

The object of our research was one of the most common orchids in the world – *Cypripedium calceolus* L. As a rare species, it is listed in the Red book of the Russian Federation (3 category of rarity) [8], the Kirov region (3 category of rarity) [9], as well as in the Red books of 59 regions of the Russian Federation [2]. Limiting factors in the Kirov region are the violation of habitats as a result of anthropogenic impacts – deforestation, recreation, collection for bouquets, digging, reducing the number of species. Studies on the study of *C. calceolus* in the Kirov region are isolated [10–12]. The purpose of this work is to identify phytocenotic parameters and environmental conditions of *C. calceolus* habitats within the southern taiga fragment of the range.

Studies of ecological and cenotic conditions of *C. calceolus* habitats were conducted in southern taiga forest ecosystems within the Kirov region (Slobodskaya, Afanasyevsky districts) (See table 1) in the period from 2012 to 2019.

The studied habitats of *C. calceolus* are confined to non-morally-boreal-small-grass and grass spruce forests (Melico nutantis-Piceetum abietis subass. typicum, Maianthemum-Piceetum subass. typicum var. typical) (See fig. 1), pine trees with fir and spruce of various grasses (Melico nutantis-Pinetum sylvestris var. *Lathyrus vernus*). The growth of *C. calceolus* on the technogenically disturbed substrate of an old spent limestone quarry overgrown with coniferous rocks and various grasses was also noted. All the studied biotopes are characterized by a large constancy of non-moral species with not significant coverage of mosses.

The stand of spruce forest types is dominated by *Picea abies*, pine-*Pinus sylvestris*. *Abies sibirica* occurs as an impurity. The undergrowth layer has a diverse species composition: *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Lonicera xylostium*, *Yuniperus communis*, *Daphne mezereum*. In this tier of most studied phytocenoses there is a *Atragene sibirica*. The grass-shrub layer is also very diverse, which determines the high specificity of these communities. In addition to species of boreal small grass (*Maianthemum bifolium*, *Orthilia secunda*, *Luzula pilosa*, *Rubus saxatilis*), the presence of

non – morals is characteristic-*Lathyrus vernus*, *Melica nutans*, *Stellaria holostea*, *Asarum europaeum*. Moss-lichen layer is fragmentary (covering up to 45 %), *Pleurozium schreberi* and *Hylocomium splendens* act as sodominants.

Phyto-indication of the studied *C. calceolus* habitats according to ten ecological scales of D. N. Tsyganov (See table 2, Fig. 2) showed that in relation to the complex of all environmental factors, the studied species is mesovalent (MV) (It total = 0.54) and has an average level of lability in relation to the studied environmental factors.

In relation to the complex of all environmental factors, *C. calceolus* is a mesobiont species. On a scale of soil acidity, the species is semistarvation at termokhimicheskie and apolitically scale and dial illumination-shading – metavalent on the scale of the wealth of the soil nitrogen – hemimillennial at createmotions scale and the scale of continentality of the climate avivamento. Only on the scale of soil moisture and the scale of soil salt regime, *C. calceolus* is stenovalent, which indicates a very limited range of possible habitats for this factor.

The species, in the studied habitats, realizes from 4.61 to 23.84 % of its potential according to the studied factors. For *C. calceolus*, the results obtained allow us to extend the scale of soil acidity by 0.75 degrees to the right. According to the other scales, the values of the ecological space of the studied CP are placed in the ranges given by D. N. Tsyganov for this type

Edaphic conditions of *C. calceolus* on the scale of soil moisture correspond to regimes from dry-saline to wet-forest-saline; on the factor of soil salt regime-poor soils; soil acidity – acidic-slightly acidic soils; soil richness in nitrogen – nitrogen – poor soils; moisture variability-soils with relatively stable and poorly variable moisture.

Keywords: *Cypripedium calceolus* L., *Orchidaceae*, rare species, ecological scales, demographic indicators, Kirov oblast.

References

1. Christenhusz M. J., Byng J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase, *Phytotaxa*, **261(3)**, 201 (2016).
2. Vakhrameeva M. G., Varlygina T. I., Tatarenko I. V. *Orchids of Russia (biology, ecology and protection)*, 437 p (Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2014).
3. Dearnaley J. D. Further advances in orchid mycorrhizal research, *Mycorrhiza*, **17(6)**, 475 (2007).
4. Nilsson L. Orchid pollination biology, *Trends in Ecology & Evolution*, **7(8)**, 255 (1992).
5. Nevsky S. A. *Orchidaceae. Flora of the SSSR*, Leningrad: Publishing house of the SSSR Academy of Sciences, **4**, 589 (1935).
6. Smolyaninova L. A. *Orchidaceae. Flora of the European part*, Leningrad: Nauka, **2**, 10 (1976).
7. Averyanov L. V. The genus of slipper-*Cypripedium* (Orchidaceae) on the territory of Russia, *Turczaninowia*, **2**, 5 (1999).
8. Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi), 855 p (Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2008).
9. Red Data Book of Kirov region: animals, plants, fungi. 2nd edition, 336 p (Kirov: Kirovskaya oblastnaya tipografiya, 2014).
10. Kazakova T. V., Perestoronina O. N. Conservation of rare plant species within the specially protected natural territory "Medvedsky Bor", *Conservation of forest ecosystems: problems and ways to solve them: materials of the all-Russian scientific and practical conference*. (Kirov: Raduga Press, 2017), 234.
11. Kharina V. A., Perestoronina O. N. Assessment of the state of *Cypripedium calceolus* coenopopulations in the North-East of the Kirov region, *Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic*

- systems: materials of the XVII all-Russian scientific and practical conference with international participation. (Kirov: Vyatka state University, 2019). 203.
12. Egorova N. Yu, Suleimanova V. N. Estimation of *Cypripedium calceolus* L. coenopopulations on limestone deposits along the valley slopes of the Vyatka River, *Tomsk State University Journal of Biology*, **47**, 40 (2019). doi: 10.17223/19988591/47/3
 13. Methods of investigation of forest communities, 240 p (St. Petersburg, 2002).
 14. Cherepanov S. K. *Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)*, 992 p (St. Petersburg.: Mir and Semya, 1995).
 15. Coenopopulations of plants (essays on population biology), 236 (Moscow: Nauka, 1988).
 16. Odum Yu. *Ecology*, 376 (Moscow: Mir, 1986).
 17. Tsyganov D. N. *Phytoindication of regimes in the subzone of coniferous and broad-leaved forests*, 198 p. (Moscow: Nauka, 1983).
 18. Computer processing of geobotanical descriptions on ecological scales using the EcoScaleWin program, 96 p (Yoshkar-Ola: Mari state University, Pushchinsky state University, 2008).
 19. Zhukova L. A., Dorogova Yu. A., Turmukhametova N. V., Gavrilova M. N., Polyanskaya T. A. *Ecological scales and methods of analysis of ecological diversity of plants*, 368 p (Yoshkar-Ola: MarSU, 2010).
 20. Zaytsev G. N. *Mathematics in experimental biology*, 296 p (Moscow: Nauka, 1990).
 21. Tarasova E. M. *Vyatskiy krau flora. Vascular plants*. Part 1, 440 p (Kirov: Kirov regional printing house, 2007).
 22. Ellenberg H. *Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas*, 97 p (Gottingen, 1974).
 23. Landolt E. *Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Veroff. Geobot. Inst. Rubel. H. 64, 208 p (Zurich: Stiftung Riibel, 1977).
 24. Melnikova A. B., Vakhrameeva M. G. The current state of *Cypripedium calceolus* in the Bolshekhkhtsirsky reserve (Khabarovsk territory), *Bulletin of the I. S. Kosenko Botanical garden (Krasnodar)*, **7**, **990** (1998).
 25. Moiseeva A. B. About the growth of *Cypripedium calceolus* in the Berezinsky reserve, *Botany. Researches*. **12**, 20 (1970).

УДК 57.012.4

ВЕРОЯТНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕХСТОРОННЕГО СИНАПСА В ПЕРВИЧНОЙ СОМАТОСЕНСОРНОЙ КОРЕ КРЫС И РАЗМЕР АКТИВНОЙ ЗОНЫ СИНАПСА НАХОДИТСЯ В ПРЯМОЙ ЗАВИСИМОСТИ

Филиппова С. Ю., Логвинов А. К., Кириченко Е. Ю.

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

Концепция «трехстороннего синапса», в которой химический синапс рассматривается в функциональном единстве с контактирующим с ним периферическим отростком астроцита, прочно укоренилась в современной нейробиологии. Морфологические характеристики трехстороннего синапса в различных структурах мозга имеют свои особенности, которые связаны с особенностями функционирования локальных нейронных цепей. Несмотря на многолетние исследования строения и функции кортикальной колонки первичной соматосенсорной коры крыс, особенности взаимодействия астроцитов и нейронов в данной структуре остаются слабо изученными. В частности, не известно, с какими синапсами астроциты чаще всего устанавливают контакт. В своей работе мы исследовали связь размера синапса с вероятностью образования контакта с астроцитарной мембраной отдельно для каждого слоя кортикальной колонки и обнаружили, что в первичной соматосенсорной коре крыс астроцит достоверно чаще контактирует с более крупными синапсами. Обнаруженная закономерность сохраняется во всех слоях кортикальной колонки.

Ключевые слова: астроцит, трехсторонний синапс, химический синапс, первичная соматосенсорная кора, трансмиссионная электронная микроскопия.

ВВЕДЕНИЕ

Астроциты – основные клетки нейроглии, обеспечивающие энергетический и водно-электролитный баланс в мозге, а также участвующие в регуляции синаптической передачи и групповой активности нейронов [1]. Клетки астроглии обладают очень сложной разветвленной формой и высоким отношением поверхности к объему [2]. Астроциты серого вещества имеют относительно небольшую сому и, при этом, значительное количество тончайших периферических отростков, нитевидной или листовидной формы. Поскольку астроцитарные отростки обладают меньшей жесткостью, чем нейроны и другие клетки мозга они могут «просачиваться» между другими объектами нейропилия [3]. Ещё в начале 70-х годов 20-го века было отмечено, что тончайшие периферические отростки астроцитов часто контактируют с химическими синапсами, оплетая их и создавая астроглиальные оболочки [4]. Позже было сформулировано представление о «трехстороннем синапсе», которое получило широкое признание в современной нейронауке [5]. Поскольку в месте непосредственного примыкания перисинаптического астроцитарного отростка к синаптической щели астроцитами выделяются сигнальные молекулы, модулирующие

синаптическую передачу, эти клетки стали рассматривать в качестве полноправного участника синаптической передачи.

Количество контактов, образуемых синапсами и мембранами астроцитов, было изучено для разных областей мозга модельных животных. Процент таких синапсов неодинаков в различных структурах, а также варьирует в одной и той же структуре в зависимости от целого ряда воздействий [6]. При этом, на настоящий момент не установлены какие-либо общие закономерности, определяющие, с каким синапсом астроцит будет образовывать контакт. Так, было обнаружено, что в радиальном слое поля СА1 гиппокампа в контакт с астроцитом чаще вступают более крупные синапсы [7], в то время, как в поле СА3 гиппокампа крыс эта закономерность не сохраняется, и астроцитарные мембраны не достигают синаптических щелей крупных синапсов, образуемых мшистыми волокнами на пирамидальных нейронах [8]. На настоящий момент закономерности формирования трехстороннего синапса в неокортексе остаются не изученными. С учетом известных послойных различий функциональных синаптических связей между нейронами, можно предположить, что и взаимодействие нейронов с астроцитами в области химических синапсов также будет неодинаковым по слоям кортикальной колонки. С целью изучения особенностей формирования трехстороннего синапса в коре млекопитающих мы исследовали связь размера синапса с вероятностью образования контакта с астроцитарной мембраной отдельно для каждого слоя кортикальной колонки. В качестве объекта исследования была выбрана первичная соматосенсорная кора крыс, являющаяся хорошо изученной моделью кортикальных взаимодействий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили образцы коры S1 беспородных белых крыс мужского пола (n=5, Р 60-80). Животным вводили сублетальную дозу нембутала, после чего проводили транскардиальную перфузию сначала фосфатным буфером и далее 4 % раствором параформальдегида. После перфузии мозг извлекали и оставляли для дофиксации в растворе параформальдегида на ночь при 4С⁰. Далее на вибраторе VT 1000E (Leica, Германия) через область первичной соматосенсорной коры изготавливали фронтальные срезы толщиной 40 мкм. После пермеабилзации в парах жидкого азота, проводили иммунное мечение с пероксидазной меткой на плавающих срезах. В исследовании применялись первичные антитела к маркеру астроцитов s100b (PA0900, Leica) и система детекции EnVision System + Peroxidase (DAB) (Dako, Германия). Проявление метки проводили в реакции с 3,3'-диаминобензидином, после чего срезы были зафиксированы в 1 % растворе OsO₄, обезвожены в спиртах восходящей концентрации и заключены в эпоксидную смолу EPON-812 плоскопараллельным методом. Из полученных срезов иссекали участки, захватывающие все 6 слоев первичной соматосенсорной коры, и приполимеризовывали к готовому блоку из эпоксидной смолы. Далее на ультрамикротоме Ultracut-E (Leica, Германия) изготавливали полутонкие и ультратонкие срезы. На первом этапе на полутонких срезах на светооптическом уровне определяли границы всех слоев и ориентация образца. Материалом для дальнейшего анализа служили снимки нейропила первичной соматосенсорной коры,

сделанные с ультратонких срезов при увеличении X25 000 на трансмиссионном электронном микроскопе Jem 1011 (Jeol, Япония).

Измерение длины синаптической щели проводили в программе ImageJ. Контакт астроцита с химическим синапсом характеризовался тем, что периферический отросток астроцита обнаруживался в пределах 100 нм по обе стороны от плоскости синаптической щели. Мы измерили длину синаптической щели отдельно для синапсов, образующих контакт с астроцитами, и без контакта. Всего было сделано по 300 измерений для каждого слоя и каждого типа синапсов. Для анализа значимости наблюдаемых различий применяли непарный двусторонний тест Стьюдента, расчеты и построение графиков производили при помощи программного обеспечения STATISTICA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенной работы нами было получено по 250 снимков для каждого слоя первичной соматосенсорной коры с увеличением X25000. На полученных снимках электроплотные продукты реакции пероксидазы с 3,3'-диаминобензидином визуализировались только в профилях астроцитов с характерной для них нерегулярной и сильно разветвленной формой (рис. 1А). Разработанный нами протокол иммунной детекции и последующей проводки ткани позволил сохранить характерную ультраструктуру химических синапсов. По данным проведенного электронномикроскопического исследования основная часть трехсторонних синапсов образована возбуждающими асимметричными химическими синапсами (рис. 1Б). Тормозные синапсы, отличающиеся отсутствием постсинаптического осмиофильного уплотнения, встречались на порядок реже.

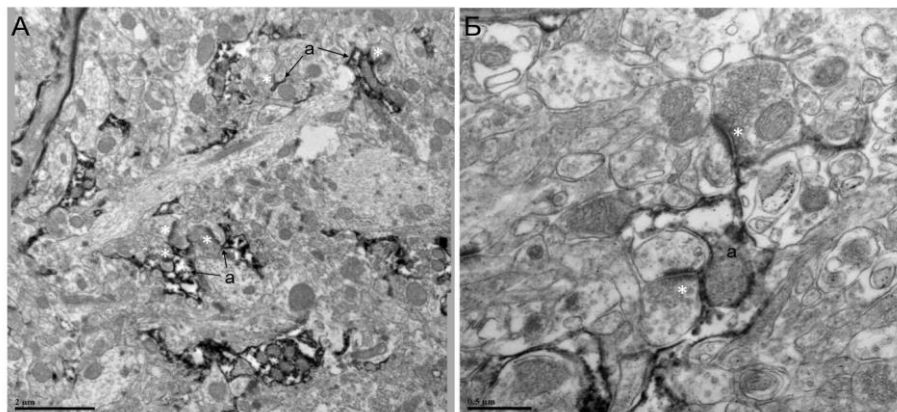


Рис. 1. Распределение глиального белка s100b в нейропиле первичной соматосенсорной коры крыс. А. Общий вид нейропиля 3-го слоя коры. Б. Возбуждающие аксо-шиповые синапсы, контактирующие с астроцитарной мембраной. Четко видны синаптические щели и уплотненные постсинаптические мембраны. Обозначения: а – профиль астроцита; звездочкой отмечены некоторые возбуждающие астро-шиповые синапсы, образующие «трехсторонний синапс» с отростком астроцита. Длина масштабных отрезков указана на электронограммах.

Полученные по результатам исследования распределения длин синаптической щели для синапсов, контактирующих и не контактирующих с астроцитом, имели явно выраженный асимметричный характер. Для обоих типов синапсов наблюдалось явное смещение в сторону более коротких длин активной зоны (рис. 2).

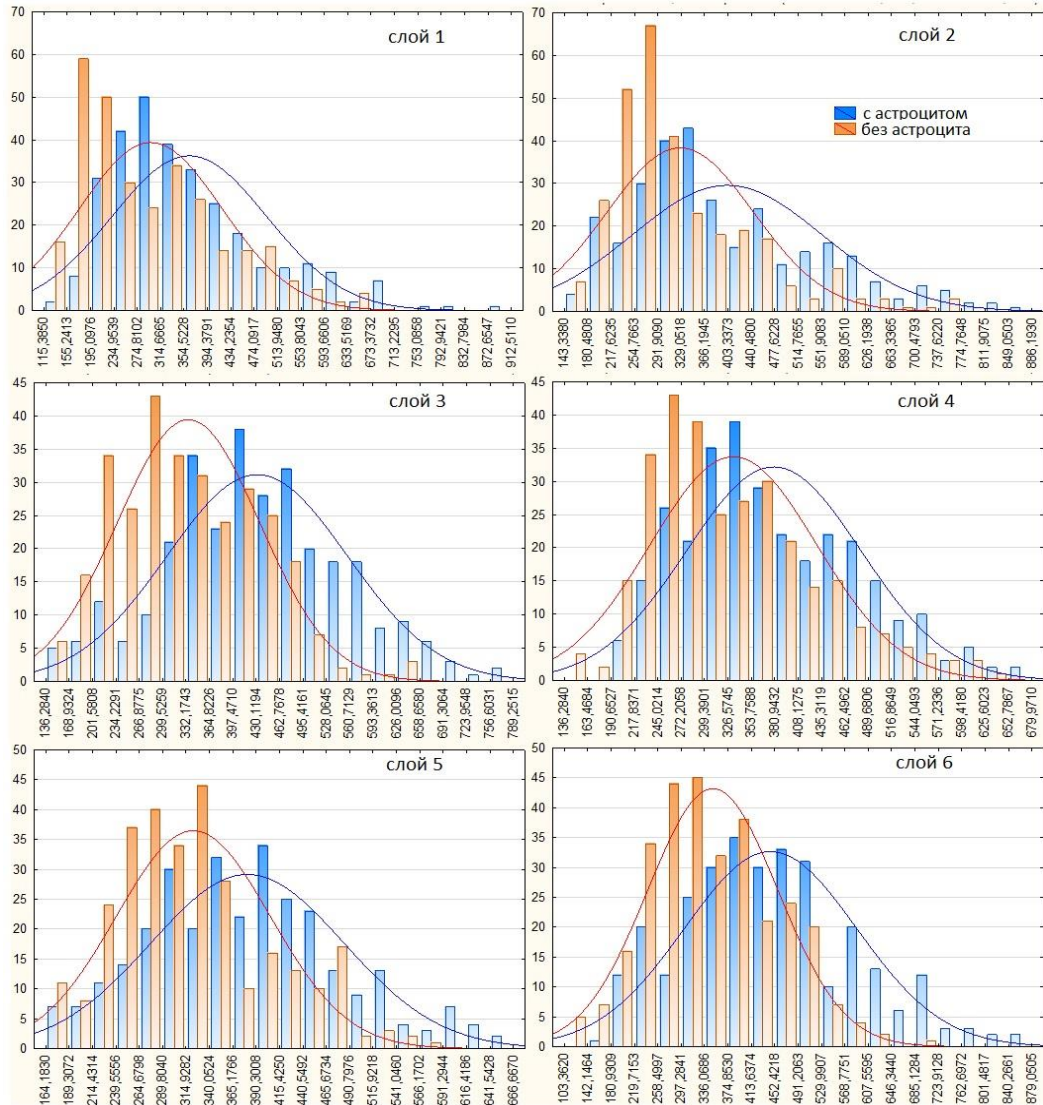


Рис. 2. Распределение длин синаптической щели для химических синапсов, образующих контакт с астроцитом, и без контакта с астроцитом для всех слоёв первичной сомато-сенсорной коры крыс.

Анализ полученных диаграмм позволяет заключить, что распределения длин синаптической щели неодинаковы для контактирующих и не контактирующих с

астроцитом синапсов. Во всех слоях первичной соматосенсорной коры у синапсов, образующих контакт с астроцитом, наблюдается смещение распределения длин синаптической щели в сторону больших значений по сравнению с синапсами, не контактирующими с астроцитом. Разница становится ещё более очевидной на диаграмме распределения длин синаптической щели с суммированием данных для всех слоев колонки (рис. 3).

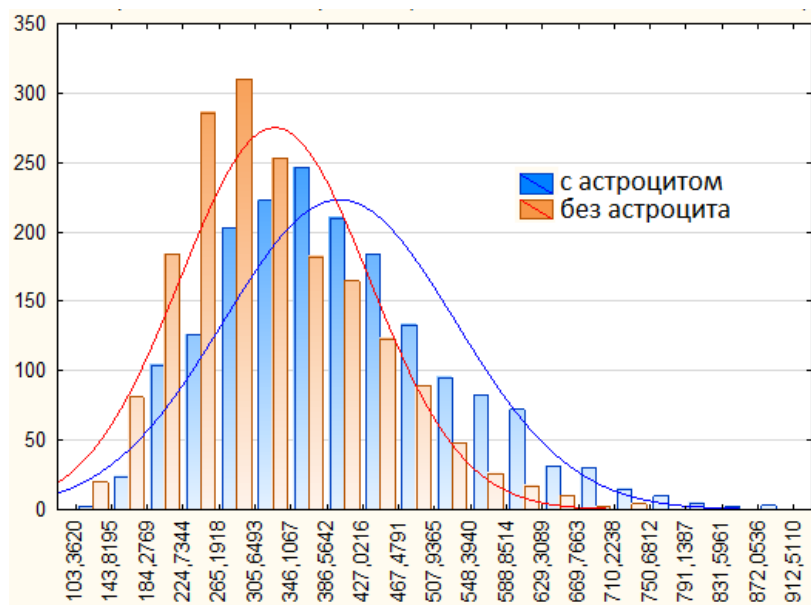


Рис. 3. Распределение длин синаптической щели в зависимости от контакта с астроцитом. Данные объединены для всех слоев первичной соматосенсорной коры крыс.

Несмотря на то, что выборочные распределения обладают выраженной асимметрией, для проверки гипотезы о равенстве генеральных средних мы выбрали параметрический критерий Стьюдента. Выбор основан на том, что при условии достаточно больших выборок ($n > 100$), выборочные средние подчиняются закону нормального распределения, поэтому может быть применен параметрический критерий даже если распределение переменной далеко от нормального [9]. Получившиеся значения критерия Стьюдента представлены в таблице 1.

Значения критерия Стьюдента для всех слоев превышают критическое значение $t_{\text{крит}} = 3.3$ ($f=599$, $\alpha=0.99$). Таким образом, наблюдаемые различия среднего значения длины синаптической щели оказались статистически значимыми, что позволяет предположить наличие прямой связи между вероятностью образования трехстороннего синапса и размером его активной зоны. При этом, данная закономерность сохраняется во всех слоях кортикальной колонки первичной соматосенсорной коры крыс.

Таблица 1

Значения критерия t для сравнения средних значений длины синаптической щели химических синапсов, образующих контакт с астроцитом, и без контакта с астроцитом для всех слоев первичной соматосенсорной коры крыс

Слои первичной соматосенсорной коры	Среднее 1 (с астроцитом)	Среднее 2 (без астроцита)	t	f
Слой 1	362,1095	296,7892	6,32431	598
Слой 2	400,8429	326,4339	6,78797	598
Слой 3	430,0212	334,5202	10,34909	598
Слой 4	378,5622	331,8288	5,79081	598
Слой 5	379,7265	321,8519	7,59126	598
Слой 6	443,6703	348,3916	9,25939	598
Суммарно по слоям	399,1554	326,6359	18,36090	3598

Наши результаты согласуются с данными Witcher и соавт. [7], полученными для поля CA1 гиппокампа крысы, где астроцитарные мембраны также достоверно чаще обнаруживаются возле крупных химических синапсов. При этом в нашем случае, данная закономерность наблюдается во всех слоях коры, в то время как в гиппокампе наблюдаются отклонения от этого правила в поле CA3 [8]. Таким образом, несмотря на то, что синаптические связи в кортикальной колонке являются функционально неодинаковыми в различных цитоархитектонических слоях коры, закономерности «притяжения» астроцита к синапсу являются общими на всём протяжении кортикальных нейронных цепей. Стоит, однако, оговориться, что данный вывод может быть распространён только на возбуждающие синапсы, на долю которых приходится 90–95 % всех кортикальных синапсов [10], и которые составили подавляющее большинство синапсов, вошедших в наше исследование. Для проверки гипотезы о наличии связи между размером активной зоны синапса и вероятностью формирования контакта с астроцитарной мембраной для тормозных синапсов потребуются дополнительные электронно-микроскопические исследования с привлечением методов множественного иммунного мечения.

Обзор исследований, посвященных совместной динамике возбуждательных синапсов и перисинаптических мембран астроцитов позволяет прийти к выводу о том, что именно активность синапсов, прямо связанная с размером активной зоны, и является тем фактором, который увеличивает вероятность образования трехстороннего синапса. Тем не менее, механизм образования такого контакта остаётся дискуссионным. В таких синапсах выделяется большое количество глутамата, и можно было бы предположить, что именно этот нейромедиатор и является своеобразным «аттрактантом» для мембраны астроцита, вызывающим рост астроцитарной мембраны в сторону более крупного возбуждательного синапса. Однако, это предположение не нашло подтверждения в многочисленных исследованиях, посвященных совместной динамике синаптических и астроцитарных мембран. По некоторым сведениям, глутамат действительно

вызывает рост и ветвление астроцитарных мембран в культуре [11]. В тоже время, наблюдения за периферическими астроцитарными отростками *in vivo*, проведенные с использованием лазерного сканирующего микроскопа, показали, что астроцит не обладает направленным ростом в сторону активного синапса. В ответ на локальный рост концентрации глутамата наблюдается лишь общее усиление активности перестройки астроцитарной мембраны [12–14].

На настоящий момент большинство исследователей сходятся во мнении, что образование трехстороннего синапса объясняется наложением двух процессов – случайного ненаправленного роста мембраны, который может стимулироваться увеличением концентрации глутамата, а также внеклеточного калия и другими факторами [6], и процесса закрепления астроцитарной мембраны возле активного синапса после соприкосновения с ним. Действительно, данные оптического имиджинга в высоком разрешении свидетельствуют о том, что как астроцитарные отростки, так и дендриты двигаются без какой-либо видимой системы, не проявляя направленного движения друг к другу [12–14]. При этом подвижность мембраны астроцитов резко падает вблизи тел нейронов, сосудов [15] а также вблизи крупных синапсов [12] и синапсов, имеющих большую площадь контакта с периферическим астроцитарным отростком [14]. При этом стабилизация астроцитарной мембраны вокруг синапсов, сопровождается стабилизацией морфологии самих синапсов [14]. Таким образом, анализ имеющихся данных позволяет заключить, что беспорядочное в целом ветвление астроцитов приводит к случайному контакту с синапсом, и, при совпадении некоторых условий, такой контакт стабилизируется, при этом молекулярные механизмы этого явления ещё не установлены. Среди сигнальных путей, регулирующих поведение астроцита вблизи активной зоны синапса, лучше всего изучены внутриклеточные каскады, запускаемые взаимодействием рецепторов астроцитов с такими регуляторными молекулами, как протеогликаны перинервальных сетей [16], SynCAM1 [17], NCAM [18], протокадгерин гамма C5 [19] и нейролигины [20]. Роль этих сигнальных взаимодействий в стабилизации астроцитарной мембраны возле активного синапса ещё предстоит выяснить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенного исследования впервые были получены распределения длин синаптической щели по слоям первичной соматосенсорной коры крыс отдельно для синапсов, образующих контакт с астроцитом, и не контактирующих с астроцитом.
2. Средняя длина синаптической щели для синапсов, образующих контакт с астроцитом, оказалась достоверно больше, чем для не контактирующих с астроцитом синапсов во всех слоях первичной соматосенсорной коры крыс.
3. Полученные данные позволяют заключить, что вероятность образования трехстороннего синапса в коре головного мозга и размер активной зоны химического синапса находятся в прямой зависимости и данная закономерность сохраняется для всех возбуждающих синапсов, независимо от их положения в функционально различных нейронных цепях кортикальной колонки.

Список литературы

1. Verkhratsky A. Physiology of Astroglia / A. Verkhratsky, M. Nedergaard // *Physiol. Rev.* – 2018. – Vol. 98, No 1. – P. 239-389.
2. Grosche J. Bergmann glial cells form distinct morphological structures to interact with cerebellar neurons / J. Grosche, H. Kettenmann, A. Reichenbach // *J. Neurosci. Res.* – 2002. – Vol. 68, No 2. – P. 138-149.
3. Lu Y. B. Viscoelastic properties of individual glial cells and neurons in the CNS / Y. B. Lu, K. Franze, G. Seifert [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 2006. – Vol. 103, No 47. – P. 17759-17764.
4. Wolff J. R. Quantitative aspects of astroglia / J. R. Wolff // In: Masson und Cie eds., *Proc. Vllth Intern Congr. Neuropath. Paris.* – 1970. – P. 327-352.
5. Araque A. Tripartite synapses: glia, the unacknowledged partner / A. Araque, V. Parpura, R. P. Sanzgiri, P. G. Haydon // *Trends Neurosci.* – 1999. – Vol. 22, No 5. – P. 208-215.
6. Reichenbach A. Morphology and dynamics of perisynaptic glia / A. Reichenbach, A. Derouiche, F. Kirchhoff // *Brain Res. Rev.* – 2010. – Vol. 63, No 1-2. – P. 11-25.
7. Witcher M. R. Plasticity of perisynaptic astroglia during synaptogenesis in the mature rat hippocampus / M. R. Witcher, S. A. Kirov, K. M. Harris // *Glia.* – 2007. – Vol. 55, No 1. – P. 13-23.
8. Rollenhagen A. Structural determinants of transmission at large hippocampal mossy fiber synapses / A. Rollenhagen, K. Satzler, E. P. Rodriguez [et al.] // *J. Neurosci.* – 2007. – Vol. 27, No 39. – P. 10434-10444.
9. Кендалл М. Статистические выводы и связи. Т2. Статистические выводы и связи / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М: «Наука», 1973. – 899 с.
10. Santuy A. Volume electron microscopy of the distribution of synapses in the neuropil of the juvenile rat somatosensory cortex / A. Santuy, J. R. Rodriguez, J. DeFelipe, A. Merchan-Perez // *Brain Struct. Funct.* – 2018. – Vol. 223, No 1. – P. 77-90.
11. Lavielle M. Structural plasticity of perisynaptic astrocyte processes involves ezrin and metabotropic glutamate receptors / M. Lavielle, G. Aumann, E. Anlauf [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 2011. – Vol. 108, No 31. – P. 12915-12919.
12. Haber M. Cooperative astrocyte and dendritic spine dynamics at hippocampal excitatory synapses / M. Haber, L. Zhou, K.K. Murai // *J. Neurosci.* – 2006. – Vol. 26, No 35. – P. 8881-8891.
13. Perez-Alvarez A. Structural and functional plasticity of astrocyte processes and dendritic spine interactions / A. Perez-Alvarez, M. Navarrete, A. Covelo [et al.] // *J. Neurosci.* – 2014. – Vol. 34, No 38. – P. 12738-12744.
14. Bernardinelli Y. Activity-dependent structural plasticity of perisynaptic astrocytic domains promotes excitatory synapse stability / Y. Bernardinelli, J. Randall, E. Janett [et al.] // *Curr. Biol.* – 2014. – Vol. 24, No 15. – P. 1679-1688.
15. Hirrlinger J. Astroglial processes show spontaneous motility at active synaptic terminals in situ / J. Hirrlinger, S. Hülsmann, F. Kirchhoff // *Eur. J. Neurosci.* – 2004. – Vol. 20, No 8. – P. 2235-2239.
16. Derouiche A. Spatial relationship of lectin-labelled extracellular matrix and glutamine synthetase-immunoreactive astrocytes in rat cortical forebrain regions / A. Derouiche, W. Hartig, K. Brauer, G. Bruckner // *J. Anat.* – 1996. – Vol. 189 (Pt 2). – P. 363-372.
17. Sandau U. S. Astrocyte-specific disruption of SynCAM1 signaling results in ADHD-like behavioral manifestations / U. S. Sandau, Z. Alderman, G. Corfas [et al.] // *PLoS One.* – 2012. – No 7. – e36424.
18. Theodosis D. T. Neuronal, glial and synaptic remodeling in the adult hypothalamus: Functional consequences and role of cell surface and extracellular matrix adhesion molecules / D. T. Theodosis, R. Piet, D. A. Poulain, S. H. Oliet // *Neurochem. Int.* – 2004. – Vol. 45, No 4. – P. 491-501.
19. Li Y. Synaptic and nonsynaptic localization of protocadherin-gammaC5 in the rat brain / Y. Li, D. R. Serwanski, C. P. Miralles [et al.] // *J. Comp. Neurol.* – 2010. – Vol. 518, No 17. – P. 3439-3463.
20. Stogsdill J. A. Astrocytic neuroligins control astrocyte morphogenesis and synaptogenesis / J. A. Stogsdill, J. Ramirez, D. Liu [et al.] // *Nature.* – 2017. – Vol. 551, No 7679. – P. 192-197.

THE PROBABILITY OF THE FORMATION OF A TRIPARTITE SYNAPSE IN THE PRIMARY SOMATOSENSORY CORTEX OF RATS IS DIRECTLY DEPENDENT ON THE SIZE OF THE SYNAPSE ACTIVE ZONE

Filippova S. Yu., Logvinov A. K., Kirichenko E. Yu.

*Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, SFU, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: filsv@yandex.ru*

At present, the patterns of tripartite synapse formation in the neocortex remain unexplored. Given the known layer-by-layer functional differences in synaptic connections between neurons, it can be assumed that the interaction of neurons with astrocytes in the region of chemical synapses will also be unequal across the layers of the cortical column. In order to study the features of tripartite synapse formation in the mammalian neocortex, we investigated the relationship between the size of the synapse active zone and the probability of contact formation with the astrocytic membrane separately for each layer of the cortical column.

The study was carried out on samples of the S1 cortex of white male rats ($n = 5$, P 60–80). We conducted immune labeling on floating sections with primary antibodies to the astrocyte marker s100b (PA0900, Leica) and secondary antibodies conjugated to HRP. Next, the samples were prepared for transmission electron microscopy. In the course of our work, we obtained 250 images for each layer of the primary somatosensory cortex with X25000 magnification, on which the length of the synaptic cleft was measured. Altogether, 600 synapses were measured in each layer of the somatosensory cortex (300 synapses forming contact with astrocyte and 300 without the contact).

The distribution of synaptic cleft lengths for synapses in contact with astrocyte and without the contact had an evident asymmetric character. For both types of synapses, a clear curve shift towards shorter active zone lengths was observed. An analysis of the obtained data allowed us to conclude that the distribution of synaptic cleft lengths is not the same for synapses forming contact with astrocyte and without the contact: in all layers of the primary somatosensory cortex, synapses that make contact with an astrocyte exhibit a shift in the distribution of synaptic cleft lengths to larger values compared to synapses, not in contact with astrocyte. The Student criterion values for the comparison of the mean values of the synaptic cleft length for the two types of synapses exceed the critical value 3.3 ($f = 599$, $\alpha = 0.99$) for all cortical layers.

Thus, the observed differences in the average value of the length of the synaptic cleft were statistically significant, which suggests a direct relationship between the probability of a tripartite synapse formation and the size of its active zone. Moreover, this pattern is preserved in all layers of the cortical column of the primary somatosensory cortex of rats. Thus, despite the fact that the synaptic connections in the cortical column are functionally unequal in different cytoarchitectonic layers of the cortex, the patterns of “attraction” of astrocyte to the synapse are common throughout the cortical neural chains.

Keywords: astrocyte, tripartite synapse, chemical synapse, primary somatosensory cortex, transmission electron microscopy.

References

1. Verkhratsky A., Nedergaard M., Physiology of Astroglia, *Physiol. Rev.*, **1**, 239 (2018).
2. Grosche J., Kettenmann H., Reichenbach A., Bergmann glial cells form distinct morphological structures to interact with cerebellar neurons, *J. Neurosci. Res.*, **2**, 138 (2002).
3. Lu Y. B., Franze K., Seifert G., Steinhäuser C., Kirchhoff F., Wolburg H., Guck J., Janmey P., Wei E. Q., Käs J., Reichenbach A., Viscoelastic properties of individual glial cells and neurons in the CNS, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **47**, 17759 (2006).
4. Wolff J. R., Quantitative aspects of astroglia, *Proc. Vith Intern. Congr. Neuropath.* (Paris, 1970), p. 327.
5. Araque A., Parpura V., Sanzgiri R. P., Haydon P. G., Tripartite synapses: glia, the unacknowledged partner, *Trends Neurosci.*, **5**, 208 (1999).
6. Reichenbach A., Derouiche A., Kirchhoff F., Morphology and dynamics of perisynaptic glia, *Brain Res. Rev.*, **1-2**, 11 (2010).
7. Witcher M. R., Kirov S. A., Harris K. M., Plasticity of perisynaptic astroglia during synaptogenesis in the mature rat hippocampus, *Glia*, **1**, 13 (2007).
8. Rollenhagen A., Sätzler K., Rodríguez E. P., Jonas P., Frotscher M., Lübke J. H., Structural determinants of transmission at large hippocampal mossy fiber synapses, *J. Neurosci.*, **39**, 10434 (2007).
9. Kendall M., Stuart A. *The Advanced Theory of Statistics, Vol. 2: Inference and Relationship* (Arnold, 1979).
10. Santuy A., Rodriguez J. R., DeFelipe J., Merchan-Perez A., Volume electron microscopy of the distribution of synapses in the neuropil of the juvenile rat somatosensory cortex, *Brain Struct. Funct.*, **1**, 77 (2018).
11. Lavielle M., Aumann G., Anlauf E., Pröls F., Arpin M., Derouiche A. Structural plasticity of perisynaptic astrocyte processes involves ezrin and metabotropic glutamate receptors, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **31**, 12915 (2011).
12. Haber M., Zhou L., Murai K. K., Cooperative astrocyte and dendritic spine dynamics at hippocampal excitatory synapses, *J. Neurosci.*, **35**, 8881 (2006).
13. Perez-Alvarez A., Navarrete M., Covelo A., Martin E. D., Araque A., Structural and functional plasticity of astrocyte processes and dendritic spine interactions, *J. Neurosci.*, **38**, 12738 (2014).
14. Bernardinelli Y., Randall J., Janett E., Nikonenko I., König S., Jones E. V., Flores C. E., Murai K. K., Bochet C. G., Holtmaat A., Muller D., Activity-dependent structural plasticity of perisynaptic astrocytic domains promotes excitatory synapse stability, *Curr. Biol.*, **15**, 1679 (2014).
15. Hirrlinger J., Hülsmann S., Kirchhoff F., Astroglial processes show spontaneous motility at active synaptic terminals in situ, *Eur. J. Neurosci.*, **8**, 2235 (2004).
16. Derouiche A., Hartig W., Brauer K., Bruckner G., Spatial relationship of lectin-labelled extracellular matrix and glutamine synthetase-immunoreactive astrocytes in rat cortical forebrain regions, *J. Anat.*, **189**, 363 (1996).
17. Sandau U. S., Alderman Z., Corfas G., Ojeda S. R., Raber J., Astrocyte-specific disruption of SynCAM1 signaling results in ADHD-like behavioral manifestations, *PLoS One*, **7**:e36424 (2012).
18. Theodosis D. T., Piet R., Poulain D. A., Oliet S. H., Neuronal, glial and synaptic remodeling in the adult hypothalamus: Functional consequences and role of cell surface and extracellular matrix adhesion molecules, *Neurochem. Int.*, **4**, 491 (2004).
19. Li Y., Serwanski D. R., Miralles C. P., Fiondella C. G., Loturco J. J., Rubio M. E., De Blas A. L., Synaptic and nonsynaptic localization of protocadherin-gammaC5 in the rat brain, *J. Comp. Neurol.*, **17**, 3439 (2010).
20. Stogsdill J. A., Ramirez J., Liu D., Kim Y. H., Baldwin K. T., Enustun E., Ejikeme T., Ji R. R., Eroglu C., Astrocytic neurotrophins control astrocyte morphogenesis and synaptogenesis, *Nature*, **7679**, 192 (2017).

УДК 57.044; 631.46

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-259-266

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕРЕБРОМ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ ЧЕРНОЗЕМОВ, БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ И СЕРОПЕСКОВ

Цепина Н. И., Судьина Л. В., Минникова Т. В., Колесников С. И.

*Академия биологии и биотехнологии им Д. И. Ивановского Южного федерального
университета, г. Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: loko261008@yandex.ru*

При исследовании влияния загрязнения серебром на активность каталазы трех типов почв, наиболее характерных по генетическим свойствам для юга России, в большинстве случаев было отмечено снижение данного показателя. Степень снижения активности каталазы зависела от дозы серебра и экспозиции. Наиболее токсичными для чернозема обыкновенного были дозы 10 и 100 УДК, бурая лесная почва оказалась более чувствительна к загрязнению при минимальном количестве серебра в размере 1 УДК (1 мг/кг). При сравнении устойчивости трех типов почв к загрязнению серебром был получен следующий ряд: чернозем обыкновенный > серопески ≥ бурая лесная почва. Вероятно, это обусловлено легким гранулометрическим составом серопесков и кислой реакцией среды бурых лесных почв (рН = 5,8), а также низким содержанием органического вещества (2,3 и 1,8 % соответственно), что способствует высокой подвижности и высокой токсичности серебра в этих почвах. При исследовании влияния серебра на активность каталазы чернозема обыкновенного максимальное снижение показателя было зафиксировано на 30 сутки после загрязнения. На 90 сутки при 100 УДК наблюдали тенденцию к восстановлению, однако контрольные значения не были достигнуты. Черноземы отличаются высокой численностью микроорганизмов и высокой их активностью, а механизмы толерантности к загрязнению обеспечивают детоксикацию почв от воздействия серебра.

Ключевые слова: серебро, активность каталазы, почва, загрязнение, чернозем обыкновенный, серопески, бурая лесная почва.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с широким использованием продукции на основе наночастиц серебра увеличивается риск загрязнения почвенного покрова и поверхностных вод, поскольку элемент в такой форме способен выщелачиваться из исходного материала [1]. Все больше появляется доказательств токсичности различных форм серебра для живых организмов не только водных, но и наземных экосистем. Серебро, накапливаясь в почве в больших количествах, как и другие тяжелые металлы, способно оказывать токсическое действие на физические, химические и биологические свойства почвы. Высокие концентрации серебра вызывают изменение и более консервативных признаков почвы, таких как гумусное состояние, структура, рН среды и др. Существенные изменения затрагивают биологические свойства почвы: снижается общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав (разнообразие), изменяется структура микробиоценозов, падает

интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов и т. д. Поэтому исследование активности ферментов может быть использовано для выявления основных изменений в почвенной среде под влиянием серебра [2]. В литературе существует много достоверных данных о токсическом влиянии различных форм серебра на почвенные бактерии [3–5]. Кроме того известны случаи не только ингибирования активности почвенных дегидрогеназ, уреазы [6], фосфатазы [2], но и стимуляция активности уреазы и фосфатазы [7] малыми дозами серебра.

Однако, влияние серебра на активность каталазы почв в современной литературе не обнаружено. В связи с этим является актуальным изучение активности этого фермента при загрязнении серебром, поскольку активность каталазы является показателем потенциальной биологической активности почвы и отражает интенсивность процессов минерализации в ней.

Целью настоящей работы было изучить влияние загрязнения серебром на активность каталазы почв юга России, значительно различающихся по устойчивости к химическому загрязнению: черноземов, бурых лесных почв и серопесков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны три типа почв юга России, различные по своим генетическим свойствам: чернозем обыкновенный, серопески и бурая лесная почва. Эксперимент проводили в лабораторных условиях.

Образцы почв была отобрана из верхнего слоя 0–10 см, поскольку серебро, как и другие тяжелые металлы, обычно депонируется именно в поверхностном слое почвы [8]. Характеристика мест отбора проб почв представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика мест отбора проб почв

Название типа почвы	Место отбора	Географические координаты	Тип угодья	Содержание гумуса %	pH (водный)
Чернозем обыкновенный	г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад ЮФУ	47°14'17.54" с.ш., 39°38'33.22" в.д.	пашня	3,7	7,8
Серопески	Ростовская область, Усть-Донецкий р-н.	47° 46.015' с.ш. 40° 51.700' в.д.	разнотравно-злаковая степь	2,3	6,8
Бурая лесная почва	Республика Адыгея, п. Никель	44° 10.649' с.ш. 40° 9.469' в.д.	грабово-буковый лес	1,8	5,8

Поскольку предельно допустимая концентрация (ПДК) серебра в почве не разработана, его содержание выражали в виде условно допустимой концентрации

(УДК). Значения УДК были приняты равными трем фоновым концентрациям серебра в почве. Это обусловлено тем, что ПДК большинства тяжелых металлов и металлоидов составляют около трех фоновых концентраций в почве [9]. Среднее фоновое содержание серебра в почве по В. А. Алексеенко (2013) [10] составляет 0.37 мг/кг. Соответственно, УДК приняли равной 1 мг/кг. Чтобы добиться равномерного распределения серебра в почве, вносили хорошо растворимый в воде нитрат серебра (AgNO_3), в количестве 3, 30 и 300 фоновых концентраций (1, 10 и 100 мг/кг соответственно).

Образцы почвы (1 кг) инкубировали в пластиковых вегетационных сосудах, в трехкратной биологической повторности, при комнатной температуре (20–22 °С) и оптимальном увлажнении (60 % от полевой влагоемкости).

Выбор активности каталазы, как представителя класса оксидоредуктаз, для оценки состояния почв после загрязнения серебром был обусловлен тем, что именно этот класс ферментов наиболее чувствителен к химическому загрязнению [11–14]. Активность каталазы отражает интенсивность процессов минерализации в почве и является чувствительным показателем биологического состояния почв. Активность каталазы чернозема обыкновенного определяли через 10, 30 и 90 суток после загрязнения, серопесков и бурой лесной почвы через 10 суток после внесения серебра в почву. Лабораторно-аналитические исследования были выполнены с использованием общепринятых методов в биологии, почвоведении и экологии [15]. Активность каталазы определяли газометрическим методом по методике А. Ш. Галстяна (1978) [16]: по объему разложившейся перекиси водорода за 1 мин и измеряли в мл O_2 в 1 г почвы за 1 минуту ($n = 36$, в 3 биологических и 4 аналитических повторностях).

Достоверность полученных результатов оценивали с помощью дисперсионного анализа и последующим определением наименьшей существенной разности (НСР).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании влияния серебра на активность каталазы почв в большинстве случаев наблюдали снижение данного показателя (рис. 1). Для большинства тяжелых металлов, в том числе для серебра, характерно ингибирование активности ферментов [11]. При внесении в почву серебра в количестве 10 и 100 УДК наблюдалось снижение показателя активности каталазы серопесков и бурой лесной почвы на 21–28 % от контроля. Чернозем обыкновенный и при 100 УДК был более устойчив к загрязнению: активность фермента снизилась на 11 % от контроля.

При сравнении устойчивости трех типов почв к загрязнению серебром по активности каталазы был получен следующий ряд: чернозем обыкновенный > серопески \geq бурая лесная почва.

Более низкая устойчивость к загрязнению серебром серопесков и бурых лесных почв обусловлена легким гранулометрическим составом серопесков и кислой реакцией среды бурых лесных почв ($\text{pH} = 5,8$), а также низким содержанием органического вещества (2,3 и 1,8 % соответственно), что способствует высокой подвижности и высокой токсичности серебра.

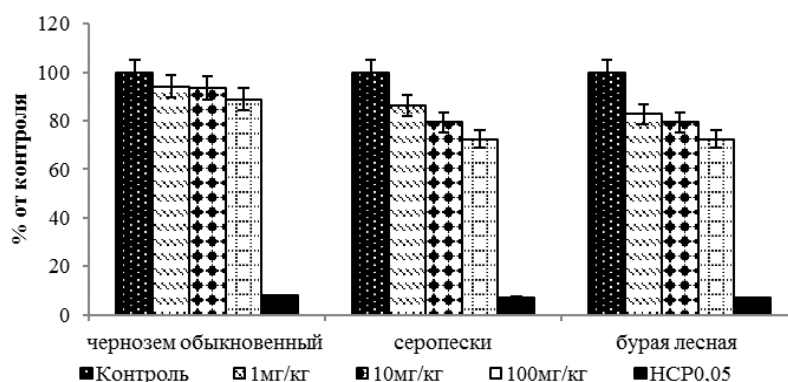


Рис. 1. Влияние загрязнения серебром (1, 10 и 100 мг/кг) на активность каталазы почв с различной устойчивостью к химическому загрязнению, % от контроля

Аналогичные закономерности большей устойчивости черноземов были получены ранее для других тяжелых металлов, таких как свинец, хром, медь, никель [11, 13].

Через 10 суток после загрязнения максимальный токсический эффект на активность каталазы чернозема обыкновенного оказала доза 100 мг/кг (100 УДК), что показывает высокую степень устойчивости данного типа почвы, поэтому было изучено влияние серебра на протяжении периода 90 суток.

Исследование динамики изменения активности каталазы чернозема обыкновенного в течение 90 суток после загрязнения серебром выявило, что это приводит к снижению активности каталазы на 10–15 % от контроля (рис. 2).

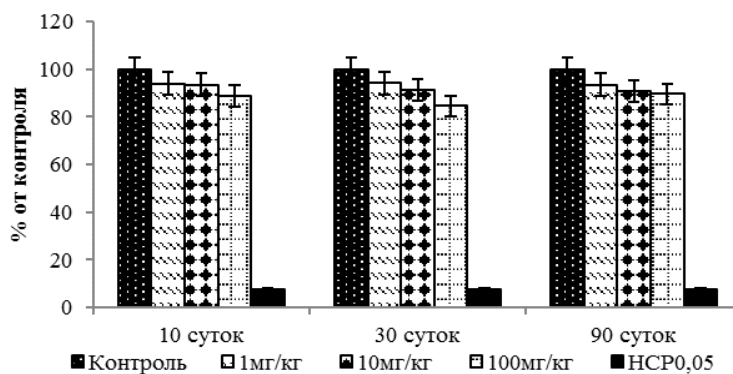


Рис. 2. Влияние загрязнения серебром (1, 10 и 100 мг/кг) на активность каталазы чернозема обыкновенного через 10, 30 и 90 суток, % от контроля

Причем, при 1 и 10 УДК на 30 и 90 сутки эксперимента наблюдали одинаковое снижение исследуемого показателя на 10–15 %. При 100 УДК (100 мг/кг) на 90

сутки после загрязнения наблюдали тенденцию к восстановлению активности каталазы, однако контрольные значения до загрязнения серебром достигнуты не были. Чернозем обыкновенный обладает высокой буферной способностью, высоким содержанием гумуса, емкостью почвенного поглощающего комплекса, благоприятным окислительным условиям и слабощелочной реакции среды, при которых тяжелые металлы переходят в неподвижные и малотоксичные формы для живых организмов [8]. Черноземы отличаются высокой численностью микроорганизмов и высокой их активностью, а механизмы толерантности к загрязнению обеспечивают детоксикацию почв от воздействия серебра.

Аналогичные закономерности наибольшей токсичности тяжелых металлов на 30-е сутки и тенденция к восстановлению биологических свойств почв на 90-е сутки были установлены ранее для других тяжелых металлов [11, 14]. При выращивании озимого ячменя на загрязненном бенз(а)пиреном (BaП) черноземе обыкновенном с ростом концентрации BaП активность каталазы также снижалась более, чем на 80 % относительно контроля [12]. При изучении влияния ряда тяжелых металлов (Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, As и др.) на почвы авторами также отмечены выраженные тенденции к восстановлению биологических свойств почв, в том числе активности каталазы только на 90-е сутки после загрязнения [13, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что при загрязнении серебром черноземов, бурых лесных почв и серопесков в большинстве случаев происходило ингибирование активности каталазы. Степень уменьшения данного показателя зависела от дозы вносимого в почву серебра. Ингибирование активности каталазы чернозема обыкновенного наблюдали при дозах 10 и 100 УДК, бурая лесная почва оказалась более чувствительна к загрязнению серебром уже при минимальной концентрации серебра 1 УДК (1 мг/кг). При сравнении устойчивости трех типов почв к загрязнению серебром был получен следующий ряд: чернозем обыкновенный > серопески ≥ бурая лесная почва. Более низкая устойчивость к загрязнению серебром почв обусловлена легким гранулометрическим составом серопесков и кислой реакцией среды бурых лесных почв (рН = 5,8), а также низким содержанием органического вещества (2,3 и 1,8 % соответственно), что способствует высокой подвижности, а, следовательно, и высокой токсичности серебра в этих почвах. При исследовании динамики влияния серебра на активность каталазы чернозема обыкновенного максимальное снижение показателя было зафиксировано на 30 сутки после загрязнения, при этом на 90 сутки наблюдали тенденцию к восстановлению, однако контрольные значения не были достигнуты. Благодаря хорошей буферной способности, высокому содержанию гумуса и емкости почвенного поглощающего комплекса, благоприятным окислительным условиям, нейтральной реакции среды серебро, как большинство тяжелых металлов, переходит в неподвижные и малотоксичные формы для живых организмов. Черноземы отличаются высокой численностью микроорганизмов и высокой их активностью, а механизмы толерантности к загрязнению обеспечивают детоксикацию почв от воздействия серебра.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (грант Президента РФ НШ-2511.2020.11) и Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (№0852-2020-0029).

Список литературы

1. Pittol M. Macroscopic effects of silver nanoparticles and titanium dioxide on edible plant growth / M. Pittol, D. Tomacheski, D. N. Simões, V. F. Ribeiro, R. M. Campomanes Santana // *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. - 2017. - Vol 8. - P. 127-133.
2. Eivazi F. Pedosphere Effects of Silver Nanoparticles on the Activities of Soil Enzymes Involved in Carbon and Nutrient Cycling / F. Eivazi, Z. Afrasiabi, E. Jose // *Pedosphere*. - 2018. - Vol. 28, Iss. 2. - P. 209-214.
3. Beddow J. Effects of engineered silver nanoparticles on the growth and activity of ecologically important microbes / J. Beddow, B. Stolpe, P. Cole [et al.] // *Environmental Microbiology Reports*. - 2014. - Vol. 6 (5). - P. 448-458.
4. Samarajeewa A. D. Effect of silver nano-particles on soil microbial growth, activity and community diversity in a sandy loam soil / A. D. Samarajeewa, J. R. Velicogna, J. I. Princz [et al.] // *Environmental Pollution*. - 2017. - Vol. 220. - P. 504–513.
5. Singh H. Extracellular synthesis of silver nanoparticles by *Pseudomonas* sp. THG-LS1.4 and their antimicrobial application / H. Singh, J. Dua, P. Singh [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Analysis*. - 2018. - Vol. 8, Iss. 4. - P. 258–264.
6. Shin Y. J. Evidence for the inhibitory effects of silver nanoparticles on the activities of soil exoenzymes / Y. J. Shin, J. I. Kwak, Y. J. An // *Chemosphere*. - 2012. - Vol. 88 (4). - P. 524–529.
7. Rahmatpour S. Dose–response effects of silver nanoparticles and silver nitrate on microbial and enzyme activities in calcareous soils / S. Rahmatpour, M. Shirvani, M. R. Mosaddeghi [et al.] // *Geoderma*. - 2017. - Vol. 285. - P. 313–322.
8. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. - 4th Edition. Boca Raton, FL: CrcPress. - 2010. - 548 p.
9. Kolesnikov S. I. Development of regional standards for pollutants in the soil using biological parameters / S. I. Kolesnikov, K. Sh. Kazeev, Yu. V. Akimenko // *Environmental Monitoring and Assessment*. - 2019. - No 191. - P. 544.
10. Kolesnikov S. I. Changes in the Ecological and Biological Properties of Ordinary Chernozems Polluted by Heavy Metals of the Second Hazard Class (Mo, Co, Cr, and Ni) / S. I. Kolesnikov, A. V. Evreinova, K. Sh. Kazeev [et al.] // *Eurasian Soil Science*. - 2009. - Vol. 42, N 8. - P.936-942.
11. Минникова Т. В. Оценка влияния бенз(а)пирена на биологическую активность чернозема Ростовской области / Т. В. Минникова, С. Н. Сушкова, С. С. Манджиева [и др.] // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. - 2019. - Т. 330, № 12. - С. 91-102.
12. Kolesnikov S. I. Ranking of Chemical Elements According to Their Ecological Hazard for Soil / S. I. Kolesnikov, K. Sh. Kazeev, V. F. Val'kov [et al.] // *Russian Agricultural Sciences*. - 2010. - Vol. 36, N. 1. - P. 32–34.
13. Алексеенко В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селидебных ландшафтов: монография / В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко. - Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета. - 2013. - 380 с.
14. Kolesnikov S. I. Effects of Heavy Metal Pollution on the Ecological and Biological Characteristics of Common Chernozem / S. I. Kolesnikov, K. Sh. Kazeev, V. F. Val'kov // *Russian Journal of Ecology*. - 2000. - Vol. 31, N 3. - P. 174–181.
15. Казеев К. Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем. / Казеев К. Ш., Колесников С. И., Акименко Ю. В., Даденко Е. В. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ. - 2016. - 356 с.
16. Галстян А. Ш. Унификация методов исследования активности ферментов почв / А. Ш. Галстян // *Почвоведение*. - 1978. - №2. - С. 107–114.

**INFLUENCE OF SILVER POLLUTION ON THE ACTIVITY OF SOIL
CATALASE IN SOUTH OF RUSSIA**

Tsepina N. I., Sudina L. V., Minnikova T. V., Kolesnikov S. I.

*Academy of biology and biotechnology, Department of Ecology Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russian Federation
E-mail: loko261008@yandex.ru*

Due to the widespread use of products based on silver nanoparticles, the risk of contamination of the soil cover and surface water increases, since an element in this form can leach out of the material. The amount of silver emissions into the environment is increasing every year. There is growing evidence of silver toxicity for living organisms of not only aquatic, but also terrestrial ecosystems. Silver, accumulating in soil in large quantities, like other heavy metals, can have a toxic effect on the physical, chemical and biological properties of the soil. High doses of the element can have a significant effect on the biological properties and ecological condition of soils. The study of enzyme activity can be used to identify major changes in the soil under the influence of silver. In this regard, it is relevant to study the effect of silver on catalase activity, since this enzyme is an indicator of the potential biological activity of the soil and reflects the intensity of mineralization processes in it.

The aim of the work was to study the effect of silver pollution on the activity of soil catalase most characteristic of the southern regions of Russia.

The object of the study identified soils characteristic of southern Russia: ordinary chernozems, seropesks and brown forest soils. For model studies, soil samples were taken from the upper arable layer (0-10 cm), since silver accumulates in the surface soil layers.

Silver pollution was modeled in a laboratory. Used silver nitrate at a concentration of 1 mg / kg, 10 mg / kg and 100 mg / kg, the experiment was 3 times biological repetition. The choice of biological indicators is due to the fact that oxidoreductases are most sensitive to chemical pollution among enzymes. This enzyme is an indicator of the biological activity of the soil and reflects the intensity of the mineralization processes in it. Laboratory and analytical studies were carried out using generally accepted methods in biology, soil science and ecology. Catalase activity was determined by the volumetric method according to A.Sh. Galstyan.

As a result of the study of the effect of silver on three types of soils, the most characteristic of the southern regions of Russia, a decrease in catalase activity was noted. The degree of reduction of this indicator depended on the dose of the element introduced into the soil. The degree of resistance to silver contamination has the following sequence: common chernozem > sulfur sands \geq brown forest soil. This is probably due to the light particle size distribution of sulfur sand and the acidic reaction of the environment of brown forest soils (pH = 5.8), as well as a low content of organic matter (1.8 % and 2.3 %, respectively), which contributes to high mobility, and therefore and high ecotoxicity of silver in these soils.

A decrease in the activity of catalase of ordinary chernozem was observed for 90 days. At 1 UDC on the 30th and 90th day of the experiment, the same decrease in the

studied parameter was observed. A similar pattern was observed at 10 UDC at the same experimental time. At 100 UDC (100 mg / kg) on the 90th day after contamination, a tendency toward restoration of catalase activity was observed, however, control values before silver contamination were not achieved. Chernozems have a high number of microorganisms and their high activity, and pollution tolerance mechanisms provide detoxification of soils from exposure to silver.

Keywords: silver, catalase activity, soil, pollution, ordinary chernozem, sierosands, brown forest soil.

References

1. Pittol M., Tomacheski D., Simões D. N., Ribeiro V. F. and Campomanes Santana R. M., Macroscopic effects of silver nanoparticles and titanium dioxide on edible plant growth, *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, **8**, 127 (2017).
2. Eivazi F., Afrasiabi Z. and Jose E., Pedosphere Effects of Silver Nanoparticles on the Activities of Soil Enzymes Involved in Carbon and Nutrient Cycling, *Pedosphere*, **28**, **2**, 209 (2018).
3. Beddow J., Stolpe B., Cole P., Lead J. R., Sapp M., Lyons B. P., Colbeck I. and Whitby C., Effects of engineered silver nanoparticles on the growth and activity of ecologically important microbes, *Environmental Microbiology Reports*, **6** (5), 448 (2014).
4. Samarajeewa A. D., Velicogna J. R., Princz J. I., Subasinghe R. M., Scroggins R. P. and Beaudette L. A., Effect of silver nano-particles on soil microbial growth, activity and community diversity in a sandy loam soil, *Environmental Pollution*, **220**, 504 (2017).
5. Singh H., Dua J., Singh P. and Yi T. H., Extracellular synthesis of silver nanoparticles by *Pseudomonas* sp. THG-LS1.4 and their antimicrobial application. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, **8**, **4**, 258 (2018).
6. Shin Y. J., Kwak J. I. and An Y. J. Evidence for the inhibitory effects of silver nanoparticles on the activities of soil exoenzymes, *Chemosphere*, **88**(4), 524 (2012).
7. Rahmatpour S., Shirvani M., Mosaddeghi M. R., Farshid N. and Bazarganipour M., Dose–response effects of silver nanoparticles and silver nitrate on microbial and enzyme activities in calcareous soils, *Geoderma*, **285**, 313 (2017).
8. Kabata-Pendias A., *Trace Elements in Soils and Plants*, 548 p. (4th Edition. Boca Raton, FL: CrcPress, 2010).
9. Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh. and Akimenko Yu. V., Development of regional standards for pollutants in the soil using biological parameters, *Environmental Monitoring and Assessment*, **191**, 544 (2019).
10. Kolesnikov S. I., Evreinova A. V., Kazeev K. Sh., and Val'kov V. F. Changes in the Ecological and Biological Properties of Ordinary Chernozems Polluted by Heavy Metals of the Second Hazard Class (Mo, Co, Cr, and Ni), *Eurasian Soil Science*, **42**, **8**, 936 (2009).
11. Minnikova T. V., Sushkova S. N., Mandzhieva S. S., Minkina T. M. and Kolesnikov S. I., Evaluation of the effect of benz (a) pyrene on the biological activity of chernozem in the Rostov Region, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo-Resource Engineering*, **330**, **12**, 91 (2019).
12. Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh., Val'kov V. F. and Ponomareva S. V., Ranking of Chemical Elements According to Their Ecological Hazard for Soil, *Russian Agricultural Sciences*, **36**, **1**, 32 (2010).
13. Alekseenko V. A. *Chemical elements in geochemical systems*. Clarks of soil of residential landscapes: monograph. Rostov-na-Donu, 380 p. (Publishing house of the Southern Federal University, 2013),
14. Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh. and Val'kov V. F., Effects of Heavy Metal Pollution on the Ecological and Biological Characteristics of Common Chernozem. *Russian Journal of Ecology*, **31**, **3**, 174 (2000).
15. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Akimenko Yu. V. and Dadenko E. V., *Metody biodiagnostiki nazemnyh ekosistem*, Rostov-na-Donu, 356 p. (Izdatel'stvo YuFu, 2016).
16. Galstyan A. Sh. Unification of methods for studying the activity of soil enzymes. *Soil Science*, **2**, 107 (1978).

УДК 57.084.1

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-267-280

ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С МЕТАЛЛАМИ

Чуян Е. Н., Миронюк И. С., Раваева М. Ю., Чертаев И. В., Гришина Т. В.

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

В работе исследовалось действие ацетилсалициловой кислоты и ацетилсалицилатов кобальта (Co^{2+}), цинка (Zn^{2+}), никеля (Ni^{2+}) и марганца (Mn^{2+}) в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг на показатели кардиореспираторной системы крыс. Установлено, что координационные соединения ацетилсалициловой кислоты с кобальтом, цинком, никелем и марганцем не только обладают выраженным биологическим эффектом по сравнению с исходным соединением, но и проявляют некоторые новые свойства, что делает перспективным дальнейший поиск биологической и фармацевтической активности у данных координационных соединений. Результаты этих экспериментов позволят в дальнейшем более глубоко исследовать терапевтический потенциал ацетилсалицилатов металлов, создавая новые соединения для анализа.

Ключевые слова: ацетилсалициловая кислота, координационные соединения ацетилсалицилатов, показатели кардиореспираторной системы.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в фармацевтическую практику новых технологий получения высокоактивных лекарственных средств позволило в последнее время достичь некоторого прогресса в различных областях медицины, в том числе в лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы, которые занимают лидирующее место по распространенности у людей современного общества. Отчасти этого удалось добиться благодаря поиску новых эффективных веществ и изучению механизма их действия с применением комплексообразования с металлами – технологии позволившей увеличивать и модифицировать биологическую активность уже основательно изученных медицинских препаратов. Применительно к патологиям сердечно-сосудистой системы перспективным является исследование такого традиционного лекарственного препарата как ацетилсалициловая кислота и его координационных соединений с s, p и 3d-металлами. Это связано с тем, что остаток салициловой кислоты позволяет синтезировать различные комплексообразования, характеризующиеся уникальной комбинацией биологической активности. Ранее комплексы на основе производных аспирина уже были исследованы в качестве противоопухолевых, противовоспалительных и противомикробных препаратов [1–

3]. Это позволяет считать, что более эффективным является подход, предполагающий соединение салицилатов с двухвалентными металлами [4], поскольку комплексные производные с биметаллами (Fe, Zn, Co, Cd и др.) имеют меньше побочных эффектов и более выраженные эффекты, чем обычный аспирин.

В связи с этим, целью настоящего исследования явилось установление эффектов ацетилсалицилатов $ACCo^{2+}$, $ACZn^{2+}$, $ACNi^{2+}$ и $ACMn^{2+}$ на показатели кардиореспираторной системы (КРС) крыс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики КФУ имени В. И. Вернадского.

Для эксперимента отбирали здоровых половозрелых самцов лабораторных крыс массой 180–200 г линии Вистар («ФГУП «Питомник лабораторных животных «Рапполово»), прошедших карантин не менее 14 дней. Животных содержали в стандартных условиях вивария при температуре 18–22 °С на подстиле «Рехофикс МК 2000» (на основе початков кукурузы) с естественным 12-часовым светотемновым циклом, свободным доступом к воде (ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур») и полноценному гранулированному корму ГОСТ Р-50258-92.

Экспериментальные исследования проводились на белых крысах самцах, характеризующихся средней двигательной активностью и низкой эмоциональностью в тесте «открытого поля», которые составляют большинство в популяции, и поэтому у них развивается наиболее типичная реакция на действие различных факторов [5], в том числе и тестируемых химических соединений.

В ходе эксперимента проведено 2 серии исследований:

1 серия – исследование реакции кардиореспираторной системы крыс на внутрибрюшинное введение ацетилсалициловой кислоты и координационных соединений ацетилсалициловой кислоты с катионами кобальта и цинка в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг;

2 серия – исследование реакции кардиореспираторной системы крыс на внутрибрюшинное введение координационных соединений ацетилсалициловой кислоты с катионами никеля и марганца в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг.

Для этого животных после предварительного отбора разделили на 7 групп по 10 крыс в каждой.

1 серия экспериментов:

1 группа – контрольная (К) – животные, которым производились внутрибрюшинные инъекции физиологического раствора (NaCl, 0,9 %), объем 0,2 мл;

2–3 группы – животные, которым производились внутрибрюшинные инъекции ацетилсалициловой кислоты в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг, объем 0,2 мл;

4–5 группы – животные, которым производились внутрибрюшинные инъекции ацетилсалицилата кобальта в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг, объем 0,2 мл;

6–7 группы – животные, которым производились внутрибрюшинные инъекции ацетилсалицилата цинка в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг, объем 0,2 мл.

Схема второй серии экспериментов была идентичной первой, однако группы 4–5 и 6–7 составляли животные, которым производились инъекции ацетилсалицилатов никеля и марганца в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг, объем 0,2 мл.

Тестируемые вещества были синтезированы на кафедре общей и неорганической химии факультета биологии и химии Таврической академии ФГАОУ «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» под руководством проф. Гусева А. Н. (химическая чистота составляла не менее 98,0 %).

Биоскрининг ацетилсалицилатов проводился через 20 минут после внутрибрюшинного введения соединений в указанных концентрациях, поскольку в этот период наблюдается максимальная их концентрация [6].

При этом у животных всех групп регистрировали следующие показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС), частоту дыхания (ЧД), систолическое (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД). На основании разницы показателей САД и ДАД вычислялось пульсовое артериальное давление (ПАД).

Следует отметить, что ЧСС, ЧД, систолическое, диастолическое и пульсовое давление крови служат важными показателями функционального состояния всей кардиореспираторной системы и деятельности сердца в определенный период времени и являются одними из основных и старейших биомаркеров состояния организма в целом.

АД, ЧСС и ЧД у крыс регистрировали с помощью системы NIBP200A («Віорас Systems, Inc.», США). АД и ЧСС фиксировалось с хвостовой артерии путем наложения манжеты на основание хвоста. Для записи ЧД датчик фиксировался на область грудной клетки. При регистрации показателей животные помещались в индивидуальный пенал и переносились в камеру Віорас с постоянной поддерживаемой температурой 33 °С для создания комфортных условий для животного.

Запись показателей проводилась в течение 5 минут от момента стабилизации сигналов от датчиков. Этого времени достаточно для 5-тикратного измерения АД, при этом ЧСС и ЧД регистрировались непрерывно. Запись и обработка данных производилась на компьютере с помощью программы «Acq Knowledge 4.2 for MP150» (рис. 1).

Расчеты, статистическая обработка и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета StatSoft\STATISTICA 8. Применялись непараметрические методы статистики, поскольку распределение значений переменных отличалось от нормального. Достоверность статистических различий между контрольной (внутрибрюшинное введение физиологического раствора) и экспериментальными группами с различными дозами введения ацетилсалициловой кислоты и ацетилсалицилатов $ACCo^{2+}$, $ACZn^{2+}$, $ACNi^{2+}$ и $ACMn^{2+}$ (5 и 10 мг/кг) определяли с помощью критерия Манна-Уитни.

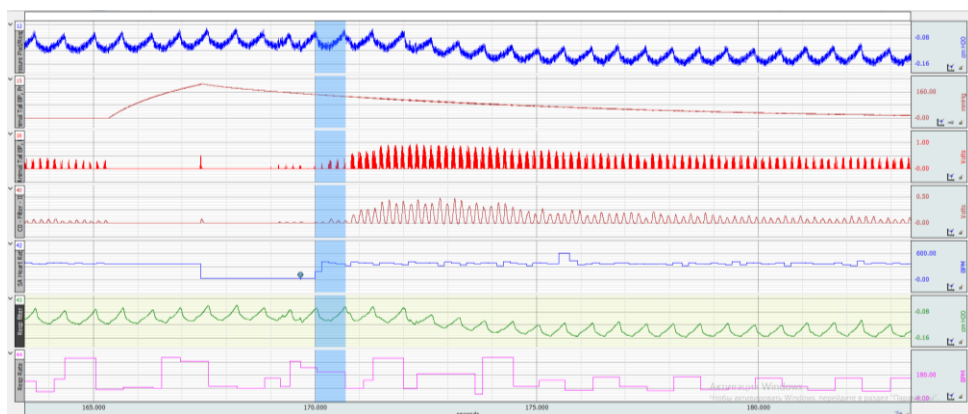


Рис. 1. Пример записи показателей сердечно-сосудистой системы (АД, ЧСС и ЧД) крыс при действии $АСZn^{2+}$ в дозе 10 мг/кг с помощью программы «Asc Knowledge 4.2 for MP150».

Для анализа эффективности биологического действия соединений АСК с металлами по сравнению с молекулой предшественницей (ацетилсалициловой кислотой) проводился расчет коэффициента эффективности (КЭ) по формуле:

$$КЭ = (АС_{мет.} - АСК) / АСК, \quad (1)$$

где $АС_{мет.}$ – показатели кардиореспираторной системы, зарегистрированные у животных при введении ацетилсалицилатов металлов Co^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} ;

АСК – показатели кардиореспираторной системы, зарегистрированные у животных при введении ацетилсалициловой кислоты.

$АС_{мет.}$ и АСК являлись результатом усреднения данных измерений на 10 животных в каждой экспериментальной группе.

КЭ приближается к нулю, если эффективность изучаемого соединения ($АС_{мет.}$) в отношении изучаемого показателя соответствует таковой для АСК.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что у животных контрольной группы при введении физраствора исследуемые показатели кардиореспираторной системы (КРС) были в пределах физиологической нормы [7] (см. табл. 1, 2).

Изменение показателей кардиореспираторной системы животных при действии ацетилсалициловой кислоты.

В 1-ой серии экспериментального исследования введение АСК в дозе 5 мг/кг привело к достоверному снижению показателя ЧСС на 22,5 % ($p \leq 0,05$) по отношению к таковому в контрольной группе животных. Аналогичная динамика показателей зарегистрирована и при повышении дозы АСК до 10 мг/кг: ЧСС снизилась на 21,8 % ($p \leq 0,05$) по отношению к значениям этих показателей в контрольной группе животных (см. табл. 1; рис. 2-А). Остальные показатели КРС животных при введении тестируемых соединений в дозе 5 мг/кг и 10 мг/кг достоверно не изменялись.

Таблица 1

Показатели кардиореспираторной системы у крыс при введении ацетилсалициловой кислоты и ацетилсалицилатов Co^{2+} и Zn^{2+} в концентрациях 5 и 10 мг/кг

Группа		САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.	ПАД мм рт. ст.	ЧСС, уд./мин	ЧД, ч.д./мин
Контроль (1)		118,41±1,66	74,32±1,49	44,11±1,56	468,19±9,22	98,14±4,34
АСК	5 мг/кг (2)	114,20±1,86	76,53±1,05	37,71±2,33	363,25±10,72 $p_1 \leq 0,05$	98,42±3,27
	10 мг/кг (3)	117,71±1,89	79,21±1,03	38,55±1,85	366,15±10,73 $p_1 \leq 0,05$	100,15±3,23
АС Co^{2+}	5 мг/кг (4)	114,73±4,01	72,07±1,02	42,66±1,14	403,00±7,92 $p_1 \leq 0,05$	97,53±5,15
	10 мг/кг (5)	111,67±0,61	68,13±0,26 $p_3 \leq 0,05$	43,54±1,31	436,87±2,75 $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$	95,73±1,46
АС Zn^{2+}	5 мг/кг (6)	114,73±0,72	78,40±1,60	36,13±3,53	389,40±6,14 $p_1 \leq 0,05$	99,53±2,43
	10 мг/кг (7)	112,47±0,32 $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$	85,27±0,38 $p_1 \leq 0,05$	27,12±1,05 $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$	402,27±0,34 $p_1 \leq 0,05$	153,87±0,46 $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$

Примечание: $p_{1-7} \leq$ – уровень достоверности различий по критерию Манна-Уитни относительно значений показателей в группах, обозначенных 1 – 7; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ПАД – пульсовое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЧД – частота дыхания.

Результаты 2-ой серии эксперимента подтвердили полученные в 1-ой серии данные, о чем свидетельствовало достоверное снижение показателя ЧСС на 12 % ($p \leq 0,05$) при введении животным АСК в дозе 5 мг/кг по отношению к значению данного показателя в контрольной группе животных (см. табл. 2, рис. 2-В). При увеличении дозы АСК до 10 мг/кг направленность реакции КРС животных на ведение тестируемого вещества сохранилась идентичной таковой при введении дозы 5 мг/кг, т.е. при введении АСК ЧСС достоверно снизилась на 8 % ($p \leq 0,05$), по сравнению со значениями в контрольной группе животных (см. рис. 2 А, В). Остальные показатели КРС животных при введении АСК в дозе 5 и 10 мг/кг достоверно не изменялись.

Таким образом, при действии АСК у животных при внутрибрюшинном введении АСК в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг наблюдается урежение частоты сердечных сокращений – брадикардия. Причем, данный эффект был практически идентичен в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг, т.е. не зависел от дозы.

Изменение показателей кардиореспираторной системы животных при действии ацетилсалицилата Co^{2+} .

При введении $ASCo^{2+}$ в дозе 5 мг/кг ЧСС снизилась на 14,1 % ($p \leq 0,05$) по отношению к значениям данного показателя в контрольной группе животных. Увеличение дозы $ASCo^{2+}$ до 10 мг/кг привело также к достоверному снижению ЧСС на 6,9 % ($p \leq 0,05$) по отношению к значениям в контрольной группе животных (см. табл. 1; рис. 2-А).

Таблица 2
Показатели кардиореспираторной системы у крыс при введении ацетилсалициловой кислоты и ацетилсалицилатов Mn^{2+} и Ni^{2+} в концентрациях 5 и 10 мг/кг

Группа		САД, мм.рт.ст.	ДАД, мм.рт.ст.	ПАД мм рт. ст.	ЧСС, уд.мин	ЧД, ч.д./мин
Контроль (1)		113,14±1,32	72,20±0,91	41,12±0,98	378,24±15,23	109,67±4,38
АСК	5 мг/кг (2)	114,06±1,18	70,17±1,07	43,09±0,99	334,08±16,72 $p_1 \leq 0,05$	109,19±3,59
	10 мг/кг (3)	112,11±1,18	70,07±0,94	41,93±0,90	347,63±6,31 $p_1 \leq 0,05$	106,8±4,38
АС Mn^{2+}	5 мг/кг (4)	114,60±1,94	75,73±1,25 $p_1 \leq 0,05$ $p_2 \leq 0,05$	38,87±1,41	396,13±11,85 $p_1 \leq 0,05$ $p_2 \leq 0,05$	126,07±8,26 $p_1 \leq 0,05$ $p_2 \leq 0,05$ $p_5 \leq 0,05$ $p_6 \leq 0,05$
	10 мг/кг (5)	112,40±2,08	75,07±0,79 $p_3 \leq 0,05$	37,33±1,23	406,73±9,86 $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$ $p_7 \leq 0,05$	94,53±1,79 $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$ $p_4 \leq 0,05$ $p_7 \leq 0,05$
АС Ni^{2+}	5 мг/кг (6)	113,73±1,95	73,53±1,07 $p_2 \leq 0,05$	40,12±0,98	412,87±16,56 $p_7 \leq 0,05$	93,13±2,71 $p_1 \leq 0,05$ $p_4 \leq 0,05$ $p_7 \leq 0,05$
	10 мг/кг (7)	111,20±2,09	75,67±1,08 $p_3 \leq 0,05$	35,53±1,11	333,13±12,89 $p_5 \leq 0,05$ $p_6 \leq 0,05$	81,01±2,16 $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$ $p_5 \leq 0,05$ $p_6 \leq 0,05$

Примечание: те же, что в табл. 1.

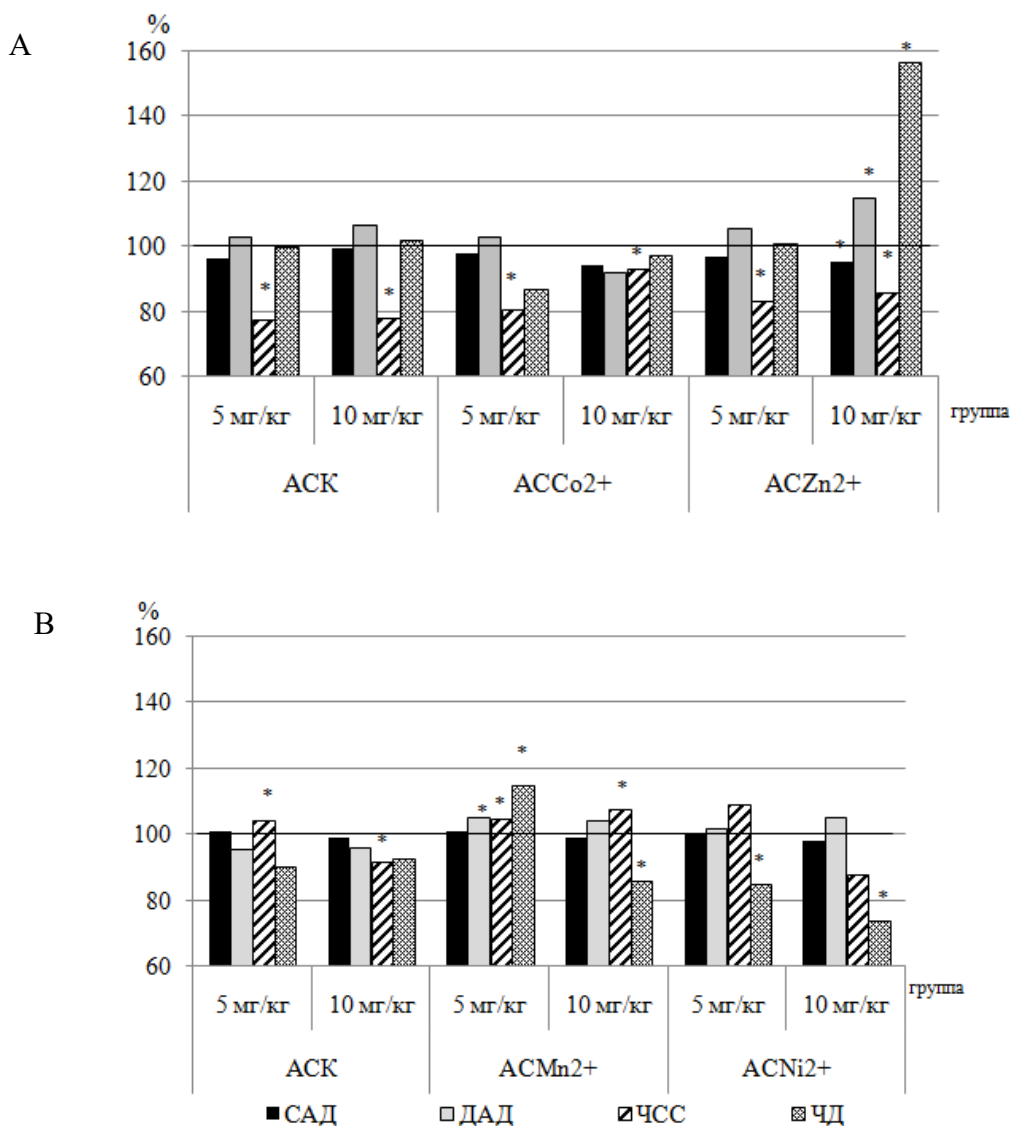


Рис. 2. Изменения показателей кардиореспираторной системы при действии ацетилсалициловой кислоты (АСК) и ацетилсалицилатов кобальта ($АССо^{2+}$) и цинка ($АСZn^{2+}$) (А); никеля ($АСNi^{2+}$) и марганца ($АСMn^{2+}$) (В) в концентрации 5 мг/кг и 10 мг/кг (в % относительно значений в контрольной группе животных, принятых за 100 %).

Примечание: * – уровень достоверности различий по критерию Манна-Уитни относительно значений показателей в контроле; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЧД – частота дыхания.

При этом показатели артериального давления и частоты дыхания у животных, которым вводился $ASCo^{2+}$, достоверно не изменялись.

Следовательно, при введении $ASCo^{2+}$ в дозе 5 мг/кг наблюдали аналогичный эталонному веществу (АСК) эффект, выражающийся только в снижении ЧСС относительно контроля, о чем свидетельствует отсутствие достоверных различий регистрируемых показателей у животных относительно таковых в группе крыс при введении АСК в дозе 5 мг/кг. Подтверждением этому является сравнительный анализ эффективности $ASCo^{2+}$ с исходным веществом (АСК): КЭ приближается к нулю, т.е. эффективность $ASCo^{2+}$ соответствует АСК (рис. 3).

Однако при увеличении дозы $ASCo^{2+}$ до 10 мг/кг зарегистрировано достоверное увеличение ЧСС на 19,2 % ($p \leq 0,05$) и достоверное снижение ДАД на 14 % ($p \leq 0,05$) относительно значений этих показателей у животных, получавших инъекции АСК той же дозировки. Об этом свидетельствует и коэффициент эффективности, который для ЧСС составил 0,19, а для ДАД -0,13 (см. рис. 3).

Таким образом, $ASCo^{2+}$ в дозах 5 мг/кг и особенно 10 мг/кг уменьшает отрицательный хронотропный эффект, характерный для АСК.

Изменение показателей кардиореспираторной системы животных при действии ацетилсалицилата Zn^{2+} .

Введение животным ацетилсалицилата Zn^{2+} также, как и при введении АСК, и $ASCo^{2+}$, сопровождалось снижением ЧСС относительно значений исследуемых показателей у животных контрольной группы (см. табл. 1, рис. 2-А). Так, при введении животным ацетилсалицилата Zn^{2+} в дозе 5 мг/кг зарегистрировано достоверное снижение ЧСС на 17 % ($p \leq 0,05$) по отношению к значениям данных показателей в контрольной группе животных.

Увеличение дозы данного соединения до 10 мг/кг привело также к снижению ЧСС на 14,3 % ($p \leq 0,05$) по отношению к значениям этого показателя в контрольной группе животных. Однако, наряду с этим, произошло повышение ЧД на 56,3 % ($p \leq 0,05$), снижение САД на 5,1 % ($p \leq 0,05$), повышение ДАД на 14,7 %, что привело к значительному уменьшению ПАД на 38,3 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с аналогичными показателями в контрольной группе животных (см. табл. 1, рис. 2-А).

Сравнительный анализ координационного соединения $ACZn^{2+}$ с исходным веществом АСК показал, что в дозе 5 мг/кг наблюдали аналогичный эталонному веществу эффект, на что указывает и коэффициент эффективности, близкий к нулю для всех показателей. Однако при увеличении дозы до 10 мг/кг зарегистрировано достоверное увеличение ЧД на 53 % ($p \leq 0,05$), снижение САД на 5,2 % ($p \leq 0,05$) и ПАД на 29,7 % ($p \leq 0,05$) относительно значений, зарегистрированных в группе животных, получавших инъекции АСК в этой же дозе (см. табл. 1). Подтверждением этому является коэффициент эффективности для $ACZn^{2+}$, который для ЧД составил 0,53, для САД -0,05 и ПАД -0,29 (см. рис. 3).

Таким образом, реакция КРС животных на введение $ACZn^{2+}$ в дозе 5 мг/кг носила односторонний с АСК характер, который проявлялся в отрицательном хронотропном действии. Увеличение дозы до 10 мг/кг приводило к снижению выраженности отрицательного хронотропного влияния на сердечный ритм

тестируемого соединения, а также к появлению новых свойств у $АСZn^{2+}$ в отличие от АСК, а именно достоверному увеличению ДАД и ЧД и снижению САД и ПАД.

Изменение показателей кардиореспираторной системы животных при действии ацетилсалицилата Mn^{2+} .

При введении животным ацетилсалицилата Mn^{2+} в дозе 5 мг/кг происходили наиболее выраженные изменения показателей КРС у крыс, причем, отличные как от АСК, так и от $АСCo^{2+}$ и $АСZn^{2+}$, что выражалось в достоверном увеличении ЧСС на 5 % ($p \leq 0,05$), ДАД – на 5 % ($p \leq 0,05$), ЧД – на 15% ($p \leq 0,05$) относительно значений в контрольной группе животных (см. табл. 2; рис. 2-А).

При увеличении дозы $АСMn^{2+}$ до 10 мг/кг ЧСС увеличилась на 7 % ($p \leq 0,05$), однако ЧД, напротив, снизилась на 14 % ($p \leq 0,05$) относительно значений в контрольной группе животных, а остальные показатели достоверно не изменялись (см. табл. 2; рис. 2-А). При этом ЧД у животных при введении $АСMn^{2+}$ 10 мг/кг была на 25 % ($p \leq 0,05$) меньше по сравнению с таковой у крыс при введении того же соединения в дозе 5 мг/кг (см. табл. 2).

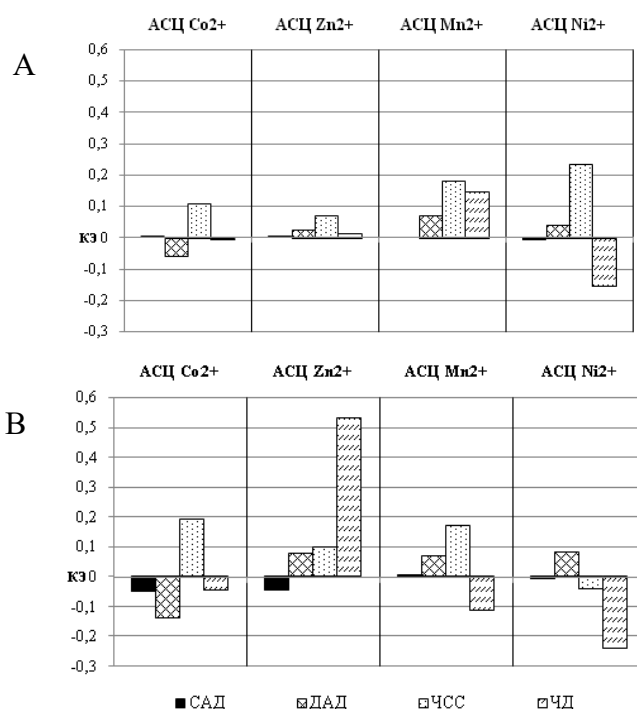


Рис. 3. Коэффициент эффективности (КЭ) показателей кардиореспираторной системы, зарегистрированных у животных при введении ацетилсалицилатов Co^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} в сравнении с показателями у животных при введении ацетилсалициловой кислоты в дозах 5 мг/кг (А) и 10 мг/кг (В).

Примечание: САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЧД – частота дыхания.

Анализ эффективности $АСMn^{2+}$ по отношению к АСК показал (см. табл. 2), что при введении $АСMn^{2+}$ в дозе 5 мг/кг у животных достоверно увеличилась ЧСС на 18,0 % ($p \leq 0,05$), ДАД на 7,1 % ($p \leq 0,05$) и ЧД на 14,7 % ($p \leq 0,05$) относительно значений в группе животных, получавших инъекции АСК в этой же дозе, что наглядно демонстрирует КЭ для данных показателей (см. рис. 3-А). При увеличении дозы до 10 мг/кг зарегистрировано аналогичное увеличение ЧСС на 17,3 % ($p \leq 0,05$), ДАД на 8,5 % ($p \leq 0,05$) на фоне снижения ЧД на 7 % ($p \leq 0,05$) относительно значений, зарегистрированных в группе животных, получавших инъекции АСК в этой же дозе (см. табл. 2; рис. 3-В).

Таким образом, введение $АСMn^{2+}$ животным привело к эффектам отличным от молекулы-предшественницы (АСК), что проявлялось, прежде в положительном хронотропном эффекте и увеличении ДАД. При этом выявленные эффекты $АСMn^{2+}$ проявляли дозозависимость: в дозе 5 мг/кг зарегистрировано тахипноэ, а в дозе 10 мг/кг тахипноэ сменялось на брадипноэ.

Изменение показателей кардиореспираторной системы животных при действии ацетилсалицилата Ni^{2+} .

При введении $АСNi^{2+}$ в дозе 5 мг/кг наблюдалось достоверное снижение ЧД на 15 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с таковым в контрольной группе животных. При увеличении дозы тестируемого соединения до 10 мг/кг направленность реакции КРС животных на введение $АСNi^{2+}$ сохранилась, однако выраженность снижения ЧД увеличилась и составила 74 % ($p \leq 0,05$) от такового в контрольной группе животных (см. табл. 2; рис. 2-Б).

При сравнении эффективности $АСNi^{2+}$ с эталонным веществом обращает на себя внимание, что в дозе 5 мг/кг достоверно увеличилось только ДАД на 4 % ($p \leq 0,05$) относительно значений, в группе животных, получавших инъекции АСК (см. табл. 2; рис. 3-А). Увеличение дозы до 10 мг/кг вызвало не только увеличение ДАД на 9,5 % ($p \leq 0,05$), но и снижение ЧД на 20,5 % ($p \leq 0,05$) относительно значений в группе животных, получавших инъекции АСК, что отражено в отрицательном значении КЭ (-0,20) (см. рис. 3-В).

Таким образом, $АСNi^{2+}$, в отличие от АСК не влияет на ЧСС, но приводит к увеличению ДАД в обеих тестируемых дозах и снижению ЧД, особенно выраженному в дозе 10 мг/кг, т.е. к развитию брадипноэ.

Как показали результаты настоящего исследования, координационные соединения ацетилсалициловой кислоты с кобальтом, цинком, никелем и марганцем не только обладают выраженным биологическим эффектом, но и по сравнению с исходным соединением проявляют некоторые новые свойства.

Экспериментально установлено, что $АССo^{2+}$ и $АСZn^{2+}$ в обеих тестируемых дозах вызывает однонаправленный с АСК эффект, который проявлялся в снижении ЧСС, однако указанные координационные соединения значительно уменьшают отрицательный хронотропный эффект, характерный АСК. При этом применение $АСZn^{2+}$ в дозе 10 мг/кг приводит к появлению новых свойств, отличных от АСК, а именно увеличению ДАД и ЧД на фоне снижения САД и ПАД. Введение животным $АСMn^{2+}$ привело также к эффектам, отличным от молекулы-предшественницы, что проявлялось, прежде в положительном хронотропном эффекте и увеличении ДАД.

При этом выявленные эффекты АСМп²⁺ проявляли дозозависимость: в дозе 5 мг/кг зарегистрировано тахипноэ, а в дозе 10 мг/кг тахипноэ сменялось на брадипноэ. АСNi²⁺, в отличие от АСК и координационных соединений АСК с Со²⁺, Zn²⁺ и Mn²⁺, не влияет на ЧСС, но приводит к увеличению ДАД в обеих тестируемых дозах и снижению ЧД, особенно выраженному в дозе 10 мг/кг, т.е. к развитию брадипноэ. Следовательно, АСZn²⁺, АСMn²⁺, АСNi²⁺, в отличие от исходного соединения, вызывают изменение артериального давления у животных, прежде всего, связанное с увеличением ДАД и разнонаправленное изменение ЧД (увеличение при действии АСZn²⁺ в дозе 10 мг/кг и АСMn²⁺ в дозе 5 мг/кг и снижение при действии АСMn²⁺ в дозе 10 мг/кг и АСNi²⁺ в дозах 5 и 10 мг/кг).

Экспериментальные данные, полученные в наших исследованиях, подтверждают литературные, в которых показано, что в процессе комплексообразования отмечается не только появление новых свойств производных веществ, но и усиление определенных эффектов, которые свойственны молекулам предшественницам – салицилатам [8, 9]. Так, показано, что комплексные производные АСК, в основе которых лежат биметаллы (Fe, Zn, Co, Cd и др.) превосходят по противовоспалительному действию аспирин и имеют меньше побочных эффектов [3, 10, 11]. О проявлении более выраженных эффектов ацетилсалицилатов металлов по сравнению с АСК показано и в исследованиях Z. Chohan и соавт. на каолиновой модели воспаления у крыс, в моделировании острого инфаркта миокарда у крыс [12].

Возможно, полученные в настоящем исследовании эффекты комплексов АСК с металлами могут быть связаны с их способностью взаимодействовать с металлоферментами и/или с их способностью изменять активность ряда ферментов [11], в т.ч. аргиназы [13–15], супероксиддисмутазы-1, глутатионпероксидазы-4, Na⁺/K⁺/АТФазы [16] и, таким образом, ингибировать провоспалительные простаноиды и усиливать активность антиоксидантных ферментов [12].

Таким образом, выбранный нами подход в создании новых координационных соединений, в которых помимо лиганда, обладающего биоактивными свойствами, присутствует переходный металл-микроэлемент, позволил получить новые соединения, модулирующие имеющиеся биологические свойства АСК и проявляющие новые.

Таким образом, полученные новые координационные соединения являются перспективными для дальнейших исследований их биологического и фармакологического действия. Результаты этих экспериментов позволяют в дальнейшем более глубоко исследовать терапевтический потенциал АСТ металлов, создавая новые соединения для анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Внутривентриальное введение АСК животным, независимо от дозы (5 мг/кг и 10 мг/кг) приводит к уменьшению частоты сердечных сокращений – брадикардии.
2. АССо²⁺ в дозах 5 мг/кг и особенно 10 мг/кг уменьшает отрицательный хронотропный эффект, характерный АСК.

3. Реакция кардиореспираторной системы животных на введение АСЗп²⁺ в дозе 5 мг/кг носит однонаправленный с АСК характер, который проявляется в отрицательном хронотропном действии. Увеличение дозы до 10 мг/кг приводит к снижению выраженности отрицательного хронотропного влияния на сердечный ритм, а также к появлению новых, отличных от АСК свойств, а именно увеличению ДАД и ЧД на фоне снижения САД и ПАД.
4. Введение АСМп²⁺ животным приводит к эффектам, отличным от АСК, что проявляется в положительном хронотропном эффекте и увеличении ДАД. Выявленные эффекты АСМп²⁺ в отношении ЧД проявляют дозозависимость: в дозе 5 мг/кг развивается тахипноэ, а в дозе 10 мг/кг – брадипноэ.
5. АСNi²⁺, в отличие от АСК и других тестируемых координационных с АСК соединений, не влияет на ЧСС, но приводит к увеличению ДАД в обеих тестируемых дозах и снижению ЧД, особенно выраженному в дозе 10 мг/кг, т.е. к развитию брадипноэ.
6. Координационные соединения ацетилсалициловой кислоты с кобальтом, цинком, никелем и марганцем не только обладают выраженным биологическим эффектом по сравнению с исходным соединением, но и проявляют некоторые новые свойства, что делает перспективным дальнейший поиск биологической и фармацевтической активности у данных координационных соединений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-70142 на экспериментальном оборудовании Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Гилман А. Г. Клиническая фармакология / А. Г. Гилман. – Т. 4. – М.: Практика. – 2006. – 336 с.
2. Черетаев И. В. Нейротропные, психотропные и анальгетические эффекты салицилатов, их физиологические механизмы / И. В. Черетаев, Д. Р. Хусаинов, И. И. Коренюк // Молодой ученый. – 2015. – №10. – С. 485–491.
3. Григорьева А. С. Оптимизация фармакотерапевтической активности биометаллов при комплексообразовании с НПВП / Григорьева А. С. // Микроэлементы в медицине. – 2000. – № 1. – С. 17–22.
4. Vica K. In search of pure liquid salt forms of aspirin: ionic liquid approaches with acetylsalicylic acid and salicylic acid / K. Vica, C. Rijkssen, M. Nieuwenhuyzena [et al.]. // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2010. – Vol. 12. – P. 2011–2017.
5. Чуян Е. Н. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного эми квч. / Е. Н. Чуян, Н. А. Темурьянц, О. Б. Московчук: монография. – Симферополь: ЧП «Эльиньо». – 2003. – 448 с.
6. Левых А. Э. Ацетилсалициловая кислота как эффективная и безопасная основа антиагрегантной терапии / А. Э. Левых, В. И. Мамчур // Артериальная гипертензия. – 2015. – №6 (44). – С. 57–63.
7. Кузнецов С. В. Сердечная, дыхательная и моторная деятельность в норме и после активации катехоаминаргических систем у новорожденных крысят. / С. В. Кузнецов, Л. Е. Дмитриева, В. А. Сизонов // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2012. – 48(4) – С. 367–379.

8. Ignatyev I. Synthesis and characterization of cobalt (II) complexes with triethanolamine and succinate and/or nitrate anions / Ignatyev I. [et. al.]. // J. Transition Metal Chemistry. – 2018. – 43 (2). – P. 127–136.
9. Кондратенко Ю. А. Синтез, строение и термическое поведение комплекса $\{Co_2[N(CH_2CH_2OH)_3]_2Cl_2\}Cl_2$ / Ю. А. Кондратенко // ЖОХ. – 2017. – № 87 (4). – С. 698–700.
10. Sokolik J. Anti-inflammatory activities of copper (II) and zinc (II) 3,6-dimethylsalicylates and their equimolar mixture / J. Sokolik, I. Tumova, M. Blahova [et al.] // Acta Facult. Farm. Univ. comeniana. – 2006. – No 53 (1). – P. 224–228.
11. Алёхин Е. К. Аспирин: новая жизнь старого лекарства / Е. К. Алёхин // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – Т. 5, № 7. – С. 85–90.
12. Chohan Z. H. Transition metal acetylsalicylates and their anti-inflammatory activity / Z. H. Chohan, M. S. Iqbal, H. S. Iqbal [et al.] // Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry. – 2002. – Vol. 17, № 2. – P. 87–91.
13. Boer J. L. Nickel-dependent metalloenzymes / J. L. Boer, S. B. Mulrooney, R. P. Hausinger // Archives of biochemistry and biophysics. – 2014. – No 544. – P. 142–152.
14. Christianson D. W. Structural chemistry and biology of manganese metalloenzymes / D. W. Christianson // Progress in biophysics and molecular biology. – 1997. – No 67(2-3). – P. 217–252.
15. Lindskog S. Cobalt (II) in metalloenzymes / Lindskog S. // A reporter of structure-function relations. Biochemistry. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1970. – P. 153–196.
16. Mc Call K. A. Function and mechanism of zinc metalloenzymes / K. A. Call, C. Huang, C. A. Fierke // The Journal of nutrition. – 2000. – No 130 (5). – P. 1437–1446.

INDICATORS OF THE RAT CARDIORESPIRATORY SYSTEM UNDER THE ACTION OF ACETYLSALICYLIC ACID AND ITS COMPLEX COMPOUNDS WITH METALS

Chuyan E. N., Mironyuk I. S., Ravaeva M. Yu., Cheretaev I. V., Grishina T. V.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: ravaevam@yandex.ru*

The paper researches the effect of cobalt ($ACCo^{2+}$) and zinc ($ACZn^{2+}$), nickel (Ni^{2+}) and manganese (Mn^{2+}) acetylsalicylates in doses of 5 and 10 mg/kg on the characteristics of the rats' cardiorespiratory system.

The study was carried out on the basis of the Center for collective use of scientific equipment "Experimental Physiology and Biophysics" of the Department of Human and Animal Physiology and Biophysics of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

The research of the biological effect of the acetylsalicylic acid, $ACCo^{2+}$, $ACZn^{2+}$, $ACNi^{2+}$, $ACMn^{2+}$ was carried out during their intraperitoneal injection into rats in doses of 5 mg/kg and 10 mg/kg. Simultaneously the following characteristics of all the groups' animals were registered: heart rate (HR), respiratory rate (RR), systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP). The pulse pressure (PP) was calculated on the basis of the SBP and DBP indices difference. BP, HR and RR of the rats were registered with the help of the system NIBP200A («BiopacSystems, Inc.», USA).

The results of the current research allowed to determine that the coordinating compounds of the acetylsalicylic acid with such metals as Co, Zn, Ni^{2+} , Mn^{2+} not only have more pronounced biological effect in comparison with the acetylsalicylic acid, but

demonstrate new properties; the most effect on the cardiorespiratory system was achieved by $ACZn^{2+}$.

Thus, the results of the current research allow us to claim that the salts of the acetylsalicylates, having the metal-complexing in its molecules' composition, have more pronounced and qualitatively new properties in comparison with the acetylsalicylic acid precursor's properties; this makes the further search for biological and pharmaceutical activity of these coordinating compounds more perspective, as well as it makes the technology of complexing an inexpensive and highly efficient approach to the creation of new medicines.

The reported study was funded by RFBR, project number 20-33-70142

Keywords: acetylsalicylic acid, coordination compounds of acetylsalicylates, cardiorespiratory system indicators.

References

1. Gilman A. G., *Klinicheskaja farmakologija*, Tom 4, 336 (M., Praktika, 2006).
2. Chereetaev I. V., Husainov D. R., Korenjuk I. I., Nejtropnye, psihotropnye i anal'geticheskie jeffekty salicilatov, ih fiziologicheskie mehanizmy, *Molodoj uchenyj*, **10**, 485 (2015).
3. Grigor'eva A. S., Optimizacija farmakoterapevticheskoj aktivnosti biometallov pri kompleksobrazovanii s NPVP, *Mikrojelementy v medicine*, **1**, 17, (2000)
4. Bica K., In search of pure liquid salt forms of aspirin: ionic liquid approaches with acetylsalicylic acid and salicylic acid, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **12**, 2011 (2010).
5. Chuyan E. N., Temur'yants N. A., Moskovchuk O. B. *Fiziologicheskiye mekhanizmy biologicheskikh effektov nizkointensivnogo EMI KVCH*, 448 p. (CHP «El'in'o», Simferopol» 2003).
6. Levyh A. J., *Acetilsalicilovaja kislota kak jeffektivnaja i bezopasnaja osnova antiagregantnoj terapii*. Arterial'naja gipertenzija, **6 (44)**, 57 (2015).
7. Kuznecov S. V., Dmitrieva L. E., Sizonov V. A. Serdechnaja, dyhatel'naja i motornaja dejatel'nost' v norme i posle aktivacii katehoaminergicheskikh sistem u novorozhdennyh krysjat, *Zhurnal jevoljucionnoj biohimii i fiziologii*, **48(4)**, 367 (2012).
8. Ignatyev I. Synthesis and characterization of cobalt (II) complexes with triethanolamine and succinate and/or nitrate anions, *J. Transition Metal Chemistry*, **43 (2)**, 127 (2018).
9. Kondratenko J. A. *Sintez, stroenie i termicheskoe povedenie kompleksa $\{Co_2[N(CH_2CH_2OH)_3]_2Cl_2\}Cl_2, ZhOH$* , **87 (4)**, 698, (2017).
10. Sokolik J., Tumova I., Blahova M., Anti-inflammatory activities of copper (II) and zinc (II) 3,6-dimetylsalicylates and their equimolar mixture, *Acta Facult. Farm. Univ.comeniana*, **53 (1)**, 224 (2006).
11. Aljohin E. K. Aspirin: novaja zhizn' starogo lekarstva, *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal*, **5(7)**, 85 (1999).
12. Chohan Z. H., Iqbal M. S., Iqbal H. S. [et al.] Transition metal acetylsalicylates and their anti-inflammatory activity, *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, **17, 2**, 87 (2002).
13. Boer J. L. Mulrooney S. B., Hausinger R. P. Nickel-dependent metalloenzymes, *Archives of biochemistry and biophysics*, **544**, 142 (2014).
14. Christianson D. W. Structural chemistry and biology of manganese metalloenzymes, *Progress in biophysics and molecular biology*, **67(2-3)**, 217 (1997).
15. Lindsog S. Cobalt (II) in metalloenzymes, *A reporter of structure-function relations*. Biochemistry, 153 (Springer, Berlin, Heidelberg. 1970).
16. Mc Call K. A., Huang C., Fierke C. A. Function and mechanism of zinc metalloenzymes, *The Journal of nutrition*, **130 (5)**, 1437 (2000).

УДК 796.01:61; 796.01:57

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-281-290

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Ярмлюк Н. С., Бирюкова Е. А., Джелдубаева Э. Р., Нагаева Е. И.,

Дягилева Ю. О., Хусаинов Д. Р., Ткач Е. С., Захаров Д. Н.

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

Выявлено, что аппарат внешнего дыхания юных спортсменов наиболее развит у ориентировщиков, имеющих в обеспечении бега большой относительный энергетический вклад аэробных механизмов, в то время как для спортсменов-легкоатлетов наиболее характерной была высокая мощность форсированного выдоха и значений максимальной вентиляции легких, что обусловлено высокой степенью адаптации этих спортсменов к анаэробной нагрузке высокой интенсивности.

Ключевые слова: жизненная емкость легких, дыхательный объем, максимальная вентиляция легких, юные спортсмены, ориентировщики, легкоатлеты.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из главных задач государства является развитие и совершенствование системы охраны здоровья и повышения качества жизни подрастающего поколения. В этой связи большую актуальность имеет поиск простых неинвазивных методов контроля за здоровьем детей, и особенно юных спортсменов на разных этапах их соревновательной деятельности.

Известно, что ведущее место среди факторов, влияющих на спортивную результативность, ряд авторов выделяет особенность метаболических процессов спортсменов [1, 2], гемодинамики [3, 4], нервно-мышечной активации [5, 6], активности центральной нервной системы [7, 8]. Показано, что систематическое повторение дозированных мышечных нагрузок повышает не только физическую выносливость у спортсменов, но и устойчивость их организма к гипоксии [4].

Однако на сегодняшний день в литературе практически отсутствуют данные комплексных контролируемых исследований по оценке функционального состояния организма спортсменов юношеского возраста. При этом заметим, что изменение параметров внешнего дыхания является одним из важнейших маркеров медико-биологического контроля подготовки, как начинающих, так и высококвалифицированных спортсменов [9, 10]. По нашему мнению, изучение особенностей внешнего дыхания у спортсменов циклических видов спорта разной направленности может быть полезно при построении схем, выбора режимов и

методик их тренировочного процесса. В связи с этим, целью настоящего исследования явилась сравнительная характеристика системы внешнего дыхания юных спортсменов циклических видов спорта ориентировщиков и легкоатлетов, которые находятся на этапе базового тренировочного мезоцикла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено с участием 20 юных спортсменов мужского и женского пола, занимающихся легкой атлетикой и спортивным ориентированием.

Эксперимент проведен на базе Центра коллективного пользования «Экспериментальная физиология и биофизика» и кафедры физиологии человека и животных и биофизики факультета биологии и химии Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», а также школы олимпийского резерва в с. Краснолесье и Детско-юношеской спортивной школы № 3 в декабре 2019 года. Функциональное состояние респираторной системы спортсменов регистрировали однократно, в период базового тренировочного мезоцикла.

В 1 группу (10 человек) вошли, занимающиеся легкой атлетикой, спортсмены стайеры (бегуны на 800–3000 метров, средняя дистанция бега за время тренировки от 1500 до 4000 метров, темп – около 5 мин на 1 км.), во 2 группу (10 человек) – спортсмены, занимающиеся спортивным ориентированием (средняя дистанция бега от 3000 до 6000 м, темп – около 6–7 мин на 1 км.). Возраст спортсменов находился в пределах 13–15 лет.

Показатели внешнего дыхания у юных спортсменов исследованы с помощью компьютерного спирометра «Спиро-спектр+» (производство ООО «Нейрософт», г. Иваново).

Определялись следующие функциональные показатели: жизненная емкость легких (ЖЕЛ, л), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ, л), резервный объем выдоха (РОВвд, л), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1, л), отношение ОФВ1/ФЖЕЛ (%), пиковая объемная скорость, максимальный поток, достигаемый в процессе выдоха первых 20 % ФЖЕЛ (ПОС), время, потребовавшееся для достижения ПОС (Тпос, с), максимальные объемные скорости на уровнях 25, 50 и 75 % ФЖЕЛ (МОС25, МОС50, МОС75), максимальная вентиляция легких (МВЛ, л/мин).

Статистическая обработка полученных данных проведена в программе Statistica 8.0. Достоверность различий полученных результатов оценивали с помощью критерия Вилкоксона [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, в группе спортсменов-ориентировщиков значения показателя ЖЕЛ в тесте спокойного дыхания были в среднем на 11,97 % ($p < 0,05$) выше, чем в группе легкоатлетов. Кроме того, при оценке показателя резервного объема выдоха (РОВвд) нами зарегистрированы более высокие значения данного показателя в группе юных спортсменов-

ориентировщиков – на 20,30 % ($p < 0,05$), по отношению к значениям, полученным у волонтеров, занимающихся легкой атлетикой (табл. 1).

Известно, что величина ЖЕЛ является показателем, отражающим функциональные возможности внешнего дыхания в целом, является воспроизводимым и объективным показателем, который отражает адаптационные возможности дыхательной системы.

Таблица 1
Значения показателей внешнего дыхания в тесте «спокойное дыхание» у юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта

Показатели	Легкоатлеты (1 группа)	Ориентировщики (2 группа)
ЖЕЛ (л)	3,09±0,41	3,46±0,26 $p < 0,05$
РОВыд (л)	1,33±0,14	1,60±0,14 $p < 0,05$

Полученные нами данные, согласуются с литературными [12], которые свидетельствуют о разной степени использования легочных объёмов у спортсменов с физической нагрузкой разной направленности, и, вероятно, могут быть обусловлены тем, что согласно Федеральным стандартам подготовки [13] тренировочный процесс спортсменов-ориентировщиков в большей части направлен на развитие качеств выносливости, поскольку связан с прохождением 3–6 км (для данной возрастной группы) по пересеченной местности с разным темпом передвижения. В то время как спортсмены-легкоатлеты, напротив, наибольшее внимание уделяют развитию скоростных качеств.

Некоторые авторы [12] указывают на наличие связи между степенью развития аппарата внешнего дыхания и типом энергообеспечения. По нашему мнению, вероятным механизмом таких различий в параметрах внешнего дыхания у спортсменов выделенных групп может быть то, что у детей-легкоатлетов при более высоком, по сравнению с ориентировщиками темпе бега энергетический вклад анаэробных и аэробных механизмов в обеспечении бега примерно равнозначен [15]. В то время как у спортсменов-ориентировщиков в энергетическом обеспечении мышечной деятельности в таком режиме тренировок превалирует вклад аэробных механизмов. Так, преобладание аэробного типа энергообмена у спортсменов ориентировщиков обуславливает более высокую степень развития аппарата внешнего дыхания, что при прочих равных условиях определяет более интенсивное снабжение тканей кислородом, являющееся, как известно [14, 15], исключительным условием протекания аэробного процесса. У спортсменов-легкоатлетов, с равным вкладом энергопоставляющих аэробных и анаэробных процессов, анаэробный тип энергообмена, не требующий присутствия кислорода в мышечной ткани, в меньшей мере зависит от функционирования аппарата внешнего дыхания, что находит своё отражение в меньших величинах ЖЕЛ и РОВыд.

Заметим, что при оценке результатов теста «форсированный выдох» нами отмечена противоположная картина различий, а именно: более низкие значения показателя ФЖЕЛ в группе ориентировщиков – на 17,08 % ($p < 0,05$), ОФВ1 – на 24,84 % ($p < 0,05$), а также соотношения ОФВ1/ФЖЕЛ – на 2,67 % ($p < 0,05$) ниже, чем в группе легкоатлетов (табл. 2).

К другим показателям максимального экспираторного потока относятся пиковая объемная скорость (ПОС) и максимальные объемные скорости на уровне 25, 50 и 75 % объема ФЖЕЛ.

При анализе пиковой объемной скорости выдоха (ПОСвыд) во второй группе испытуемых нами зарегистрированы более низкие значения – на 19,78 % ($p < 0,05$) относительно данных первой группы, в то время как время, потребовавшееся на достижение ПОС (Тпос) напротив, у ориентировщиков было выше на 63,63 % ($p < 0,05$), чем в группе легкоатлетов (табл. 2).

Отметим также более низкие, по сравнению с легкоатлетами, показатели максимальной объемной скорости на уровнях 25, 50 и 75 % ФЖЕЛ у спортсменов-ориентировщиков. Так, в этой группе испытуемых спортсменов значения МОС25 были на 23,93 % ($p < 0,05$), МОС50 – на 25,65 % ($p < 0,05$), а МОС75 – на 23,70 % ($p < 0,05$) ниже значений, зарегистрированных в 1 группе волонтеров.

Таблица 2
Значения показателей внешнего дыхания в тестах «форсированный выдох» и «максимальная вентиляция легких» у юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта

Показатели	Легкоатлеты (1 группа)	Ориентировщики (2 группа)
ФЖЕЛ (л)	3,22±0,19	2,67±0,34 $p < 0,05$
ПОСвыд (л/с)	6,47±0,86	5,19±0,89 $p < 0,05$
Тпос (с)	0,11±0,01	0,18±0,06 $p < 0,05$
ОФВ1 (л)	3,18±0,19	2,39±0,29 $p < 0,05$
ОФВ1/ ФЖЕЛ (%)	98,87±0,44	96,20±1,86 $p < 0,05$
МОС25	6,10±0,79	4,64±0,81 $p < 0,05$
МОС50	4,95±0,63	3,68±0,62 $p < 0,05$
МОС75	3,29±0,46	2,51±0,35 $p < 0,05$
МВЛ (л/мин)	84,48±10,02	59,80±4,97 $p < 0,05$

Известно, что отношение ОФВ1/ФЖЕЛ является модификацией индекса Тиффно и выражается в процентах. ОФВ1 представляет собой достаточно постоянную долю ФЖЕЛ независимо от размера легких. У здорового человека отношение ОФВ1/ФЖЕЛ составляет 75–85 %, но с возрастом скорость выдоха снижается в большей степени, чем объем легких, и это отношение несколько уменьшается. У детей, наоборот, скорость выдоха высокая, поэтому отношение ОФВ1/ФЖЕЛ у них, как правило, больше – около 90 % [16]. Пиковая скорость выдоха – показатель, который измеряется в течение короткого отрезка времени сразу после начала выдоха и в большей степени, чем другие показатели, зависит от усилия испытуемого. Некоторые исследователи считают, что параметр МОС25–75 % более чувствителен к изменению функционального состояния организма, чем ОФВ1, но МОС25–75 % имеет и более широкий диапазон нормальных значений. Согласно данным литературы [17], для спортсменов-спринтеров характерна более высокая мощность форсированной вентиляции легких, поэтому значения коэффициента использования ЖЕЛ у них значительно больше, по сравнению со спортсменами-стайерами.

Полученные данные подтверждаются результатами теста «максимальная вентиляция легких» у юных спортсменов. Так, нами зарегистрировано, что значения показателя МВЛ у легкоатлетов были в среднем на 29,21 % ($p < 0,05$) выше, чем у спортсменов-ориентировщиков (табл. 2).

Полученные нами данные согласуются с литературными и свидетельствуют о том, что у юных спортсменов, занимающихся легкой атлетикой были зарегистрированы более высокие значения дыхательных объемов в тесте «форсированный выдох», чем у спортсменов-ориентировщиков той же возрастной группы. Это, вероятно, может быть обусловлено тем, что нагрузке в легкой атлетике предъявляют высокие требования к формированию адаптационных механизмов компенсации кислородного долга на протяжении и после физической нагрузки высокой интенсивности, что напрямую обусловлено активизацией дыхательного центра вследствие прямого воздействия на центральные хеморецепторы недостатка кислорода и избытка углекислоты крови [18].

Согласно данным литературы [12, 15] функциональному состоянию аппарата внешнего дыхания всегда придавалось значение как фактору, отражающему способность организма к длительной экстенсивной мышечной деятельности. В настоящее время прогрессирование спортивных результатов во всех атлетических видах спорта все в большей степени зависит от разносторонней физической подготовленности спортсмена, на фоне которой осуществляется специальная тренировка [19]. Некоторые авторы [20] отмечают сходные показатели относительного потребления кислорода во время нагрузочного тестирования на беговой дорожке у легкоатлетов и ориентировщиков, однако данные, полученные в настоящем исследовании, свидетельствуют о значительных функциональных различиях в параметрах внешнего дыхания у юных спортсменов-ориентировщиков и легкоатлетов, что, по-видимому, может быть обусловлено значительными различиями их тренировочного процесса.

Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что аппарат внешнего дыхания наиболее развит у спортсменов-ориентировщиков с преобладанием аэробного типа энергообмена, в то время как для спортсменов-легкоатлетов наиболее характерной была высокая мощность форсированного выдоха и значений максимальной вентиляции легких, что обусловлено высокой степенью адаптации этих спортсменов к анаэробной нагрузке высокой интенсивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Аппарат внешнего дыхания наиболее развит у спортсменов-ориентировщиков, имеющих в тренировочном процессе элементы стайерской нагрузки, с преобладанием аэробного типа энергообмена, в то время как для спортсменов-легкоатлетов наиболее характерной была высокая мощность форсированного выдоха и значений максимальной вентиляции легких, что обусловлено высокой степенью адаптации этих спортсменов к анаэробной нагрузке высокой интенсивности.
2. У юных спортсменов-ориентировщиков в тесте «спокойное дыхание» зарегистрированы более высокие, по сравнению с легкоатлетами, значения изучаемых показателей. Так, ЖЕЛ в среднем на 11,97 % ($p < 0,05$) выше, чем в группе легкоатлетов, а показатели РОвыд – на 20,30 % ($p < 0,05$) выше, по отношению к значениям, полученным у волонтеров, занимающихся легкой атлетикой. Вероятным механизмом таких различий может являться то, что эффективность тренировочного процесса легкоатлетов, в отличие от ориентировщиков, в равной степени связана как с анаэробным, так и с аэробным типами энергообмена, и в меньшей мере зависит от функционирования аппарата внешнего дыхания, что находит своё отражение в меньших величинах ЖЕЛ и РО у этих спортсменов, по сравнению с юными спортсменами-ориентировщиками, характеризующихся большим вкладом аэробного типа энергообмена.
3. В тестах «форсированный выдох» и «максимальная вентиляция легких» у ориентировщиков зарегистрированы более низкие значения изученных показателей (ФЖЕЛ в – на 17,08 % ($p < 0,05$), ОФВ1 – на 24,84 % ($p < 0,05$), соотношение ОФВ1/ ФЖЕЛ – на 2,67 % ($p < 0,05$), МВЛ – на 29,21 % ($p < 0,05$) ниже, чем в группе легкоатлетов), что обусловлено более высокой степенью формирования адаптационных механизмов компенсации кислородного долга при высокоинтенсивной физической нагрузке по сравнению со спортсменами-ориентировщиками, тренировочный процесс которых по большей части связан с длительными нагрузками средней интенсивности.

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

Список литературы

1. Shephard R. Effect of physical exercise on plasma growth hormone and cortisol level in human subjects / R. Shephard, K. Sidney // *Exerc. Sport Sci. Rev.* – 1975. – Vol. 3. – P. 1–30.
2. Пшенникова М. Г. Адаптация к физическим нагрузкам / М. Г. Пшенникова // *Физиология адаптационных процессов: Руководство по физиологии.* – М.: Наука, 1986. – С. 124–221.
3. Кудря О. Н. Особенности периферической гемодинамики спортсменов при адаптации к нагрузкам различной направленности / Кудря О. Н., Кирьянова М. А., Капилевич Л. В. // *Бюллетень сибирской медицины.* – 2012. – № 3. – С. 48–52.
4. Prakken N. H. Relationship of ventricular and atrial dilatation to valvular function in endurance athletes. / Prakken N. H., Velthuis B. K., Bosker A. C. [et al.] // *Br J Sports Med.* – 2011. – 45(3). – P. 178–184.
5. Pluim B. M. Comparison of echocardiography with magnetic resonance imaging in the assessment of the athlete's heart. / Pluim B. M., Beyerbach H. P., Chin J. C. [et al.] // *Eur Heart J.* – 1997. – 18(9). – P. 1505–1513.
6. Pourcelot L. Haemodynamic response of muscular vessels to exercise. Experimental results and modelling / L. Pourcelot, J. L. Lacaze, L. Piquet, B. Lepoivre, E. Ménigault // *Ultrasound in Medicine & Biology.* – 1997. – Vol. 23, Supp. 1. – P. 152.
7. Heikki Kyröläinen. The function of neuromuscular system in maximal stretch-shortening cycle exercises: Comparison between power- and endurance-trained athletes. / Heikki Kyröläinen, Paavo V. Komi // *Journal of Electromyography and Kinesiology.* – 1995. – Vol. 5, Is. 1. – P. 15–25.
8. Nakata H. Characteristics of the athletes' brain: Evidence from neurophysiology and neuroimaging. / Nakata H., Yoshie M., Miura A., Kudo K. // *Brain Research Reviews.* – 2010. – Vol. 62, Is. 2. – P. 197–211. doi: 10.1016/j.brainresrev.2009.11.006
9. Терзи М. С. Функциональный профиль восстановительных реакций кардиореспираторной системы после соревновательных нагрузок в тхэквондо / М. С. Терзи, Д. А. Сарайкин, В. И. Павлова // *Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Челяб. гос. пед. ун-т.* – Челябинск, 2014. – С. 388–391.
10. Щербинин А. Е. Адаптация кардиореспираторной системы к физическим нагрузкам / А. Е. Щербинин, Д. А. Сарайкин // *Экологическая безопасность, здоровье и образование : сборник научных трудов / под науч.ред. З. И. Тюмасевой.* – Челябинск: ЗАО «Цицеро», 2015. – С. 223–227.
11. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей ВУЗов. / Лакин Г. Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
12. Лазарева Э. А. Степень развития внешнего дыхания у лёгкоатлетов спринтеров и стайеров / Лазарева Э. А. // *Фундаментальные исследования.* – 2004. – № 3. – С. 72–73.
13. Приказ Министерства спорта РФ от 20. 11. 2014 № 930 "Об утверждении федерального стандарта спортивной подготовки по виду спорта спортивное ориентирование" (Зарегистрировано в Министерстве юстиции РФ 24. 12. 2014 № 35351)
14. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / Аулик И. В. – М.: Медицина, 1979. – 192 с.
15. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности. / Волков Н. И., Несен Э. Н., Осипенко А. А., Корсун С. Н. – К.: Олимпийская литература, 2000. – 504 с.
16. Чикина С. Ю. Спирометрия в повседневной врачебной практике / С. Ю. Чикина, А. В. Черняк // *Лечебное дело.* – 2007. – № 2. – С. 29–37.
17. Нарский А. Г. Эффективность использования жизненной емкости легких у пловцов различной специализации / Нарский А. Г., Мельников С. В., Врублевский Е. П., Костюченко В. Ф., Орехов Е. Ф. // *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта* – 2016. – № 2 – С. 135–139.
18. Физиология человека: в 3-х томах. Пер. с англ./ Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – 3-изд. – М.: Мир, 2007. – Т.2. – 314 с.
19. Ашмарин Д. В. Возрастная динамика развития респираторной системы футболистов 13–16 лет / Ашмарин Д. В. // *Фундаментальные исследования. Биологические науки.* – 2013. – № 4. – С. 95–98.

20. Мавлиев Ф. А. Особенности аэробной работоспособности спортсменов в условиях неспецифического тестирования / Ф. А. Мавлиев, А. С. Назаренко, А. В. Орлов, Ю. В. Болтиков // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. – 2017. – № 3. – С. 111–115.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE EXTERNAL BREATHING PARAMETERS OF YOUNG ATHLETES IN CYCLIC SPORTS

*Yarmolyuk N. S., Biryukova E. A., Dzheldubaeva E. R., Nagaeva E. I.,
Diagileva Yu. O., Husainov D. R., Tkach E. C., Zakharov D. N.*

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

At present, one of the main tasks of the state is to develop and improve the system of health protection and quality of life of the younger generation. In this regard, the search for simple non-invasive methods of monitoring the health of children, and especially young athletes at various stages of their competitive activity, is of great importance.

It is known that the leading place among the factors influencing sports performance is occupied by a number of authors with the peculiarities of metabolic processes of sportsmen [1, 2], hemodynamics [3, 4], neuromuscular activation [5, 6], activity of the central nervous system [7, 8]. It has been shown that systematic repetition of dosed muscle load increases not only physical endurance in sportsmen but also their body resistance to hypoxia [4].

However, to date, the literature practically lacks data from complex controlled studies on the assessment of the functional state of the body in young athletes. At the same time, it should be noted that changes in the parameters of external respiration are one of the most important markers of medical and biological control of training, both for beginners and highly qualified sportsmen [9, 10]. In our opinion, studying the features of external respiration in athletes of cyclic sports of different orientation can be useful in building schemes, choosing modes and methods of their training process. In this connection, the purpose of the present research was the comparative characteristic of the external breathing system of young sportsmen of cyclic sports of orienteers and track-and-field athletes who are at the stage of a basic training mesocycle.

The study was carried out with the participation of 20 young male and female athletes engaged in athletics and sports orientation.

The 1st group (10 people) included athletes engaged in track and field athletics, athletes stewards (runners for 800–3000 meters, the average distance during training from 1500 to 4000 meters, pace – about 5 minutes per 1 km.), the 2nd group (10 people) – athletes engaged in orienteering (the average distance of running from 3000 to 6000 meters, pace – about 6–7 minutes per 1 km.). The age of athletes was within 13–15 years.

The external breathing apparatus is most developed for orienteering athletes who have elements of staying load in the training process, with predominance of aerobic type of energy exchange, while for athletes-athletes the most characteristic was high power of

forced exhalation and values of maximum ventilation of the lungs, which is due to a high degree of adaptation of these athletes to anaerobic load of high intensity.

Young orienteering athletes recorded higher values in the "tranquil breathing" test as compared to track and field athletes. Thus, YEL on the average is 11.97 % ($p < 0.05$) higher than in the group of track and field athletes, and the indicators of ROV – by 20.30 % ($p < 0.05$) higher than the values obtained from volunteers involved in athletics. The probable mechanism of such differences may be that the efficiency of the training process of athletics athletes, in contrast to orienteers, is equally related to both anaerobic and aerobic types of energy exchange, and less dependent on the functioning of the external respiratory apparatus, which is reflected in the lower values of GEL and RO in these athletes, compared to young orienteering athletes, characterized by a greater contribution of aerobic type of energy exchange.

In the tests "forced exhalation" and "maximum ventilation of the lungs" the orienteers registered lower values of the studied indices (FSEL in – by 17,08 % ($p < 0,05$), OFV1 – by 24,84 % ($p < 0,05$), ratio OFV1/FSEL – by 2,67 % ($p < 0,05$), MVL – by 29,21 % ($p < 0,05$) lower than in the group of athletes), which is due to a higher degree of formation of adaptation mechanisms of oxygen debt compensation at high intensity physical activity in comparison with orienteering sportsmen, whose training process is mostly connected with long medium intensity loads.

Keywords: lung capacity, respiratory volume, maximum ventilation, young athletes, orienteers, athletes.

References

1. Shephard R., Sidney K. Effect of physical exercise on plasma growth hormone and cortisol level in human subjects, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, **3**, 1 (1975).
2. Pshennikova M. G. Adaptation to the physical loads (in Russian), *Physiology of the adaptation processes: Manual on physiology*, 124 (Moscow: Nauka, 1986).
3. Kudrya O. N., Kiryanova M.A., Kapilevich L. V. Peculiarities of peripheral hemodynamics of sportsmen at adaptation to loads of different orientation, *Bulletin of Siberian medicine*, **3**, 48 (2012).
4. Prakken N. H., Velthuis B. K., Bosker A. C. et al. Relationship of ventricular and atrial dilatation to valvular function in endurance athletes, *Br J Sports Med.*, **45**(3), 178 (2011).
5. Pluim B. M., Beyerbach H. P., Chin J. C. et al. Comparison of echocardiography with magnetic resonance imaging in the assessment of athlete's heart. *Eur Heart J.*, **18**(9), 1505 (1997).
6. Pourcelot L., Lacaze J. L., Piquet L., Lepoivre B., Ménigault E. Haemodynamic response of muscular vessels to exercise. Experimental results and modelling, *Ultrasound in Medicine & Biology*, **23**, **1**, 152 (1997).
7. Heikki Kyröläinen, Paavo V. Komi. The function of neuromuscular system in maximal stretch-shortening cycle exercises: Comparison between power- and endurance-trained athletes, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, **5**, **1**, 15 (1995).
8. Nakata H., Yoshie M., Miura A., Kudo K. Characteristics of the athletes' brain: evidence from neurophysiology and neuroimaging, *Brain Research Reviews*, **62** (2), 197 (2010). doi: 10.1016/j.brainresrev.2009.11.006
9. Terzi M. S., D. A. Saraikin, V. I. Pavlova. *Functional Profile of the Restorative Reactions of a Cardiorespirator System after Competitive Loads in Taekwondo*, Adaptation of biological systems to natural and extreme environmental factors: Proc. of V Intern. Sci., (Chelyabinsk, 2014) p. 388 (in Russian).

10. Shcherbinin A. E, Saraikin D. A. *Adaptation of cardiorespiratory system to physical loads*, Ecological safety, health and education: a collection of scientific papers / pod scientifically edited by A.E. Shcherbinin. Z.I. Tyumaseva. (Chelyabinsk: CJSC "Cicero", 2015) p. 223 (in Russian)
11. Lakin G. F. *Biometrics: textbook for biological specialties of HEIs.*, 352 p. (F. - M.: Higher School, 1990).
12. Lazareva E. A. Degree of development of external breathing at athletes sprinters and stairs, *Fundamental researches.*, **3**, 72 (2004).
13. The order of the Ministry of Sports of the Russian Federation from 20. 11. 2014 No. 930 "On Approval of the Federal Standard of Sports Training in Sports Orienteering" (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation 24. 12. 2014 No. 35351).
14. Aulik I. V. *Determination of physical performance in clinic and sports*, 192 p. (M.: Medicine, 1979).
15. Volkov N. I. *Laws of biochemical adaptation in the process of sports training*: Textbook for students of the Higher School of Civil Engineering, 64 p. (M.: GTSOLIFK, 1986).
16. Chikina S., Chernyak A. Spirometry in everyday medical practice, *Therapeutic business.*, **2**, 29 (2007).
17. Narskin A. V., Mel'nikov S. V., Vrublevskiy E. P., Kostiuhenko V. F., Orekhov E. F. Efficiency of the lung capacity utilization at swimmers of different specialization, *Scientists notes of P.F. Lesgaft University*, **2**, 135 (2016) (in Russian).
18. Human Physiology: in 3 volumes. Per. from English., Under edition of R. Schmidt and G. Teusa., 3-edition., P.2, 314 p. (Moscow: Mir, 2007).
19. Ashmarin D. B. Age dynamics of the respiratory system development of the football players 13-16 years old, *Fundamentals research. Biological sciences*, **4**, 95 (2013) (in Russian).
20. Mavliev F. A. Nazarenko A. S., Orlov A. V. Peculiarities of the athletes' aerobic performance under the non-specific testing conditions, *Yu. Physical culture. Sports.*, **3**, 111 (2017) (in Russian).

УДК 58.073 (630*181.42): 599.735.34

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-291-303

АНАЛИЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ В НАСАЖДЕНИЯХ ФИСТАШКИ ТУПОЛИСТНОЙ (*PISTACIA MUTICA*) В КАРАДАГСКОМ ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Ярыш В. Л., Ярыш Г. Е.

Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал
ФИЦ ИнБЮМ, Феодосия, Крым, Россия
E-mail: galina.yarish65@gmail.com

В работе обсуждается возобновление лесообразующих пород и его состояние в насаждениях фисташки туполистной (*Pistacia mutica*) на землях Карадагского природного заповедника. Проведен сравнительный анализ мелкого, среднего и крупного подроста на пробных площадях, заложенных в 2005 и в 2017 годах на предмет поврежденности подроста. По мере роста численности косули европейской (*Capreolus capreolus* L., 1758), давление на флористические комплексы заповедника возрастает из-за чрезмерной плотности популяции этого вида (плотность в 10 раз выше оптимальной в 2016 году – 437 ос. на 1000 га). Отмечена большая гибель подроста до 88,6 % в 2017 году. Происходит замена фисташки туполистной, преобладающей в насаждениях, на дуб пушистый (*Quercus pubescens*) и грушу лохोलистную (*Pyrus eleagnifolia*). Возобновление в насаждениях фисташки туполистной в Карадагском природном заповеднике следует считать неудовлетворительным.

Ключевые слова: лесовозобновление, подрост, фисташка туполистная, влияние копытных, Карадагский природный заповедник.

ВВЕДЕНИЕ

Фисташка туполистная (фисташка дикая, кевоное дерево) произрастающая в Крыму, является подвидом фисташки атлантической (*Pistacia atlantica* subsp. *mutica* (Fisch & C. A. Mey.) Rech. F. [syn. *Pistacia mutica* Fisch. & C. A. Mey.] семейства анакардиевые (Anacardiaceae) [1]. Это редкий средиземноморский третичный реликт флоры России. *P. mutica* занесена в Красную книгу Российской Федерации, Красную книгу Республики Крым, Красную книгу Краснодарского края [2–4]. Этот редкий вид включен и в Красную книгу Украины [5]. В Крыму фисташка формирует редкие реликтовые фитоценозы (формации *P. mutica*), которые занесены в Зеленую книгу Украины [6], находятся на северной границе ареала. Фисташка туполистная является одной из лесообразующих пород Горного Крыма. На территории полуострова фисташка туполистная распространена на Южном берегу Крыма от мыса Айя до поселка Коктебель, также в городе Севастополь, Бахчисарайском районе в приморском и нижнем горном лесном поясах на высоте до 500 м. н.у.м. Ареал *P. mutica* занимает зону сухих и полусухих субтропиков, где произрастает на открытых сухих каменистых склонах на коричневых почвах. Образует разреженные

редколесья, встречается в составе высокоможжевеловых и пушистодубовых лесов. Охраняется в природных заповедниках: Ялтинском, Карадагском, «Мыс Мартьян» и других ООПТ.

В связи с возрастающим строительством на побережье Крыма уменьшается ареал фисташки, а нерегулируемое рекреационное использование прибрежных лесов с участием фисташки ведет к ослаблению биологической устойчивости вида, прекращению возобновления и деградации фисташковых редколесий [7]. Проводимые мониторинговые исследования состояния популяций и мест произрастания фисташки туполистной подтверждают ее охранный статус как растения, сокращающегося по численности популяций [8]. Формации фисташки туполистной в Крыму относятся к особо ценным таксонам Крыма, требуют мониторинга и охраны. Редколесья фисташки находятся на северной границе своего ареала, малостойкие к воздействию антропогенных факторов и характеризуются низкой конкурентной способностью [9]. Возобновление *P. Mutica* в Крыму под воздействием антропогенных факторов и природного влияния (болезни, вредители, дикие животные) требует дальнейшего изучения и исследований [7, 8].

Карадагский природный заповедник расположен в юго-восточной части Крыма и является восточной границей распространения *P. Mutica* на полуострове. Общая площадь составляет 2874, 2 га, в том числе суша – 2065,07 га. Покрытые лесной растительностью территории – 1131,9 га или 54,7 % от общей площади земель заповедника. Насаждения фисташки туполистной в Карадагском заповеднике занимают всего 3,9 % всех земель, покрытых лесной растительностью [10]. В последние десятилетия в заповеднике наметилась тенденция ухудшения естественного семенного возобновления основных лесобразующих пород под влиянием высокой численности копытных на территории заповедника [11]. Влияние косули европейской на возобновление древесно-кустарниковых пород и, фисташку туполистную, в частности, состоит в том, что в зимний период она питается преимущественно веточными кормами, существенно повреждая подрост и подлесок, в весенний период – увеличивается территориальная активность самцов косули, заламывающих молодые деревца различных пород с целью обозначения границ занятого ими участка леса [12].

Цель данной работы – изучение состояния подроста и особенности лесовозобновления в насаждениях фисташки туполистной на землях Карадагского заповедника в связи с тенденцией ухудшения возобновления лесобразующих пород.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В Карадагском природном заповеднике Ирпенская лесоустроительная экспедиция в 1983 и в 2005 годах проводила лесоустройство. При этом для изучения хода роста и осуществления мониторинга за основными лесобразующими породами было заложено 18 постоянных пробных площадей, из них 4-е – в насаждениях с преобладанием фисташки туполистной (№ 4, № 14, № 16, № 17). На каждой пробной площади проведено картирование проекций крон деревьев и подеревный обмер пронумерованных деревьев по десяти параметрам.

Дополнительно в 2005–2006 гг. на трех пробных площадях (№ 4, № 14, № 17) было заложено по десять пробных площадок размером 20 кв.м. каждая, для изучения наличия и состояния подроста в данных насаждениях. На пробной площадке № 16 был проведен сплошной пересчет подроста ($S = 1760 \text{ м}^2$). Учет подроста проводился с распределением по высоте: мелкий до 0,5 м, средний от 0,5 м до 1,5 м, крупный от 1,5 м и выше. В каждой из этих групп отмечались здоровые и поврежденные деревья и их средний возраст.

В 2017 году нами повторно на постоянных пробных площадях (№ 4, № 14, № 17) в насаждениях с преобладанием фисташки туполистной на каждой площадке было заложено по 10 пробных площадок для изучения наличия и состоянию подроста. Эти пробные площадки были заложены по той же методике, которая была использована лесоустроительной экспедицией в 2005–2006 годах, площадью 20 кв. м каждая (4 м x 5 м), на пробной площадке № 16 был выполнен сплошной пересчет подроста. Распределение возобновления по высоте (крупности) проводился по трем категориям: мелкий, средний и крупный. По плотности (густоте) подрост распределяли на четыре категории: редкий (до 2 тыс. шт. / га), средней густоты (2–8 тыс. шт. / га), густой (8–13 тыс. шт. / га), очень густой (более 13 тыс. шт. / га). Учитывался жизнеспособный (здоровый) подрост, который характеризуется нормальным облиствением кроны, пропорционально развитыми по высоте и диаметру стволиками [13], а также поврежденный дикими животными подрост. Таким образом, нами были получены приемлемые для сравнения и анализа данные о состоянии подроста на одних и тех же участках Карадагского заповедника в различные годы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно Проекта организации территории и охраны природных комплексов Карадагского природного заповедника от 2005 года основными лесообразующими породами являются: дуб пушистый, дуб скальный, сосна крымская, сосна пицундская, ясень обыкновенный, фисташка туполистная, вяз пробковый, можжевельник высокий, туя западная, грабинник, груша лохолистная, маклюра, миндаль обыкновенный, можжевельник красный, держи-дерево обыкновенное, скумпия обыкновенная, кизил, боярышник Поярковой. Фисташка туполистная занимает 44,3 га [10].

Фисташка туполистная считается засухо- и жароустойчивым видом, который не требователен к почве и выдерживает засоленность. Деревья высотой 4–10 м, часто многоствольные, с низко расположенной кроной (рис. 1). Многоствольные деревья имеют низкорослую кустовидную форму. Ствол покрыт глубоко трещиноватой серо-бурой корой, обычно диаметр до 25 см, но отдельные экземпляры могут достигать 1 м. Листья сложные, непарноперистые, листовые пластинки расширены к вершине (туполистная), плоды мелкие, собраны в метелки, околоплодник в стадии созревания приобретает красно-оранжевый цвет, который постепенно переходит в темно-фиолетовый. Все органы фисташки содержат камедь (камедистую смолу), которая употреблялась как жвачка – кева (кевовое дерево). Естественным путем

фисташка возобновляется плохо. В насаждениях фисташки встречаются дуб пушистый, можжевельник высокий, груша лохолистная и другие [3, 14, 15].



Рис. 1. Фисташка туполистная (Фото Знаменской Л. В., 2017 г.).

Результаты исследований показали, что в насаждениях с преобладанием фисташки туполистной в Карадагском заповеднике материнский полог образуют такие породы, как Фисташка туполистная (Фт), где она составляет в насаждениях 8–10 единиц, дуб пушистый (Дп) от единичных встреч до 2 единиц, единично груша лохолистная (Грл) и можжевельник высокий (Мжв) (табл. 1).

ППП № 4 заложена в кв. 25 выд. 12. Возраст фисташки – 85 лет (данные 2005 года). Бонитет – 5б. Происхождение – вегетативное. Тип леса – С₀ФДп (очень сухая фисташковая судубрава с дубом пушистым). Высота над уровнем моря – 100 м. Подлесок держидерево, шиповник собачий, кизильник крымский. Травянистый покров – пырей средний, грудница волосистая, синеголовник полевой. Почва бурая

горнолесная среднемощная слабоскелетная, средняя степень задернения. Состав насаждения – 10Фт ед. Дп. Состав подроста – 6Дп2Фт2Грл.

На данной постоянной пробной площади в 2005 году было учтено 32 шт. подроста, из них здоровый – 24 шт., поврежденный – 6 шт., сухостойный – 2 шт. В 2017 году нами учтено 95 шт. подроста, из них 10 шт. здоровых и 85 шт. поврежденных. Состав подроста – 9Дп1Грл+Фт.

ППП № 14 заложена в кв.30 выд. 7. Возраст фисташки – 92 года (данные 2005 года). Бонитет – 5б. Происхождение – семенное. Тип леса – С₀ФДп (очень сухая фисташковая судубрава с дубом пушистым). Высота над уровнем моря – 170 м. Подлесок шиповник собачий, держидерево, боярышник однопестичный. Травянистый покров – синеголовник полевой, пырей средний, дубровник белый. Почва коричневая горнолесная, средний суглинок, средняя степень задернения. Состав насаждения – 9Фт1Дп ед.ГрлМжв. Состав подроста – 6Дп3Фт1Грл.

На этой пробной площади в 2005 году было учтено 60 шт. подроста, весь здоровый. В 2017 году нами учтено 37 шт. подроста, из них 3 шт. здоровых и 34 шт. поврежденных. Состав подроста – 6Дп2Фт2Грл.

ППП № 16 заложена в кв. 32 выд. 2. Возраст фисташки – 62 года (данные 2005 года). Бонитет – 5а. Происхождение – семенное. Тип леса – С₀ФДп (очень сухая фисташковая судубрава с дубом пушистым). Высота над уровнем моря – 28 м. Подлесок кизильник крымский единично. Травянистый покров – эгилопс трехдуюмовый, ячмень заячий, грудница волосистая. Почва коричневая горнолесная, средний суглинок. Состав насаждения – 10Фт. Состав подроста – 5Фт5Грл.

В 2005 году сплошным учетом было обследовано 1760 м² и учтено 82 шт. подроста, весь здоровый. В 2017 году был проведен сплошной пересчет и учтено 143 шт. подроста, из них 19 шт. здоровых и 124 шт. поврежденных. Состав подроста – 7 Фт3Грл ед.ДпЯо.

ППП № 17 заложена в кв. 30 выд. 1. Возраст фисташки – 90 года (данные 2005 года). Бонитет – 5б. Происхождение – вегетативное. Тип леса – С₀ФДп (очень сухая фисташковая судубрава с дубом пушистым). Высота над уровнем моря – 100 м. Подлесок шиповник, держи-дерево. Травянистый покров – сухоцвет (бессмертник песчаный), синеголовник полевой, люцерна маленькая. Почва бурая горнолесная, среднемощный суглинок. Состав насаждения – 8Фт2Дп ед.ГрлМжв. Состав подроста – 8Дп1Фт1Грл.

На данной площади в 2005 году было учтено 64 шт. подроста, весь здоровый. В 2017 году учтено 130 шт. подроста, из них 12 шт. здоровых и 118 шт. поврежденных. Состав подроста – 10Дп ед.ФтГрл.

Обобщенные данные о составе насаждений, составе подроста и его состоянии (степени поврежденности) на постоянных пробных площадях 1983, 2005 и 2017 годов отражены в таблице 1.

Сравнивая результаты по пробным площадям за 2005 год и 2017 год, следует отметить, что за этот период отмечается большая гибель подроста – с 5 % до 90 % в среднем, в том числе на пробной площади №4 повреждения увеличились с 25 % до 89,3 %, на пробной площади № 14 – с 0 % до 89,5 %, на пробной площади № 16 – с

0 % до 87,5 %, на пробной площади № 17 – с 1,5 % до 90,7 %. Мелкий подрост не переходит в категорию среднего, средний в категорию крупного. Количество среднего и крупного подроста, отмеченного в 2017 году, и с учетом большой вероятности гибели его части, является недостаточным для поддержания лесовозобновления существующих насаждений фисташки туполистной на территории Карадагского природного заповедника.

Таблица 1
Состав насаждений и подроста в Карадагском природном заповеднике
(1983 г., 2005 г., 2017 г.)

№ ППП	Состав насаждений	Состав подроста по годам			Плотность всего подроста / плотность поврежденного подроста, тыс. шт./га	
		1983	2005 г.	2017 г.	2005 г.	2017 г.
4	10Фт ед.Дп	9Фт1Дп	6Дп2Фт2Грл	9Дп1Грл+Фт	1,6 / 0,4	4,7 / 4,2
14	9Фт1Дп ед.Грл Мжв	9Фт1Дп	6Дп3Фт1Грл	6Дп2Фт2Грл	3,0 / 0	1,9 / 1,7
16	10Фт	10Фт	5Фт5Грл	7 Фт3Грл ед.ДпЯо	0,5 / 0	0,8 / 0,7
17	8Фт2Дп ед.Грл Мжв	-	8Дп1Фт1Грл	10Дп ед.Фт Грл	3,2 / 0,05	6,5 / 5,9
В среднем для четырех участков					2,0 / 0,1	3,5 / 3,1

Примечание к таблице: Фт – фисташка туполистная, Дп – дуб пушистый, Грл – груша лохолистная, Яо – ясеня обыкновенный, Мжв – можжевельник высокий.

В результате обработки материалов по пробным площадям, заложенным в 2005 и 2017 гг., получены данные, характеризующие естественное возобновление в насаждениях с преобладанием фисташки туполистной (табл. 2).

Как видим, численность подроста в 2005 году в целом в 1,7 раза ниже, чем в 2017 году. Крупный подрост в насаждениях, несмотря на 3-кратную разницу по количеству (14,6 и 4,6 % от общего числа), характеризуется как редкий. Плотность подроста средней крупности в насаждениях фисташки в разные годы наблюдений ниже 2 тыс. шт./га и также оценивается как редкий. Мелкий подрост преобладает в обоих вариантах, при этом в 2017 году имеет среднюю густоту, а в 2005 характеризуется как редкий.

По состоянию подроста, можно отметить, что в 2005 году преобладают здоровые экземпляры во всех категориях крупности. Поврежденный подрост составляет от 2,8 % до 16,6 %. В 2017 году поврежденный подрост составляет подавляющее количество от 89,4 % до 100 % во всех категориях крупности.

Основными факторами гибели и повреждения подроста явились повреждения дикими животными (рис. 2).

Таблица 2

Распределение подроста по категории крупности и состояния в насаждениях фисташки туполистной на территории Карадагского природного заповедника

Категория подроста	2005 г.	2017 г.
Количество подроста, тыс. шт./га	8,3	13,9
в т. ч., %:	100,0	100,0
Крупный	14,6	4,6
- здоровый	83,4	2,7
- поврежденный	16,6	97,3
Средний	20,8	4,0
- здоровый	94,2	-
- поврежденный	5,8	100
Мелкий	64,6	91,4
- здоровый	97,2	10,6
- поврежденный	2,8	89,4



Рис. 2. Поврежденный подрост дикими животными (Фото Ярыша В. Л., 2017 г.).

При сравнении с данными, о состоянии подроста в насаждениях дуба в Карадагском заповеднике, в котором степень его повреждения в насаждениях дуба пушистого 85,8 %, а в насаждениях дуба скального 83,3 % [11, 12], состояние естественного возобновления в насаждениях фисташки туполистной можно

оценить также как неудовлетворительное, поскольку степень поврежденности в 2017 составляет в среднем по всем пробным площадям около 90 %.

Таблица 3
Степень поврежденности подроста в насаждениях фисташки туполистной по породам деревьев и категориям крупности

Порода	Подрост							
	Мелкий		Средний		Крупный		Всего	
	Всего, %	Повреждено, %	Всего, %	Повреждено, %	Всего, %	Повреждено, %	Всего, шт.	Повреждено, %
2005								
Фисташка туполистная	68,1	2,1	20,3	0	11,6	12,5	69	2,9
Дуб пушистый	64,4	0	25,0	7,7	10,6	37,5	107	4,8
Груша лохолистная	21,9	18,2	20,3	0	57,8	0	64	3,3
Ясень обыкновенный	100	0	-	-	-	-	1	0
2017								
Фисташка туполистная	82,5	84,8	5,0	100	12,5	100	120	85,0
Дуб пушистый	92,6	88,7	3,9	100	3,5	100	229	93,4
Груша лохолистная	70,9	94,9	21,8	100	7,3	100	55	96,4
Ясень обыкновенный	100	100	-	-	-	-	1	100

При исследовании степени поврежденности подроста по породам деревьев и категориям крупности в насаждениях фисташки туполистной в результате обследования учетов в 2005 году получены следующие данные. В насаждениях фисташки туполистной подрост этой породы составляет 29 %, при этом он преимущественно (около 68 %) представлен мелкими экземплярами и незначительно – средними (20,3 %) и крупными (12,5 %). Повреждение этой породы в целом незначительное (2,9 %) (табл. 3).

В естественном возобновлении преобладает дуб пушистый (около 44 %), а груша лохолистная составляет 26,9 %. Степень повреждения у этих пород составляет 4,8 % и 3,3 % соответственно. Подрост дуба пушистого не имеет повреждений в мелком подросте, в среднем степень поврежденности 7,7 %, в крупном – 37,5 %. Фисташка туполистная и груша лохолистная практически одинаково представлены в экземплярах среднего подроста и поврежденность отсутствует полностью. В категории «крупный подрост» груша лохолистная составляет 66 %, дуб пушистый – 19,6 %, фисташка туполистная – 14,4 %. При этом повреждаемость в этой категории у груши отсутствует, дуб поврежден в три раза чаще, чем фисташка. Ясень обыкновенный в подросте встречается единично и без повреждения.

При обсуждении результатов исследования в 2017 году степени поврежденности подроста в насаждениях фисташки туполистной по породам и категориям крупности (табл. 3) можно сделать следующие выводы. Подрост фисташки туполистной составляет около 30 %, представлен преимущественно (84,8 %) мелкими экземплярами, в малой степени средними (5 %) и крупными (12,5 %). Повреждение этой породы животными, а именно косулей европейской, довольно значительное – 85 %. Следует отметить, что крупный подрост выше 1,5 м считается «вышедшим из-под морды косули» и в дальнейшем повреждается ими единично и только в результате маркировочной деятельности [12]. Крупный неповрежденный подрост фисташки зафиксирован в количестве 3 деревьев только на пробной площади №16 и составляет 20 % в этой категории.

В целом в подросте преобладает дуб пушистый (56,6 %), груша лохолистная (13,6 %). Дуб пушистый и груша лохолистная повреждены на 100 % в среднем и крупном подросте, в мелком – степень поврежденности составляет 88,7 % и 94,9 % соответственно. Ясень обыкновенный представлен одним мелким поврежденным экземпляром (табл. 3).

Если сравнивать результаты, полученные в 2005 году, с данными за 2017 год, можно сделать вывод, что степень поврежденности подроста значительно увеличилась во всех породах и категориях крупности. Степень поврежденности подроста фисташки туполистной и груши лохолистной увеличилась за эти годы в 29 раз, а у дуба пушистого почти в 20 раз. Влияние избыточной численности косули европейской в Карадагском заповеднике, которая возросла с 2005 года по 2016 год от 297 особей до 750 особей и превысила предельно допустимую плотность почти в десять раз – 437 особей на 1000 га [16, 17], на подрост в насаждениях фисташки туполистной в Карадагском заповеднике и приводит к неудовлетворительному естественному лесовозобновлению в этих насаждениях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По результатам исследования на 4 постоянных пробных площадях в насаждениях фисташки туполистной в Карадагском заповеднике установлено, что количество подроста в среднем в 2005 году составило 2,0 тыс. шт. на 1 га, в 2017 году количество подроста составляет 3,5 тыс. шт. на 1 га. Такое количество подроста соответствует категории «средней густоты». Степень

- поврежденности подроста за годы наблюдений увеличилась в 17 раз. Доля поврежденных экземпляров в 2005 году составляла 5 %, в 2017 году – 88,6 %.
2. Численность подроста в насаждениях фисташки в 2005 году в целом в 1,7 раза ниже, чем в 2017 году. Крупный подрост в насаждениях по количеству от общего числа занимает 14,6 % и 4,6 % соответственно, средний – 20,8 % и 4,0 %. Плотность крупного и среднего подроста в разные годы наблюдений оценивается как редкий. Мелкий подрост преобладает в обоих вариантах (64,6 % и 91,4 %), и в 2017 году имеет среднюю густоту, а в 2005 характеризуется как редкий. Степень поврежденности в крупном, среднем и мелком подросте в 2005 году 16,6 %, 5,8 % и 2,8 % соответственно, а в 2017 году степень поврежденности значительная – 97,3 %, 100 %, 89,4 %.
 3. В насаждениях фисташки туполистной в 2005 году основными породами в подросте являются дуб пушистый, фисташка туполистная, груша лохолистная, единично ясень обыкновенный. Рассматривая состояние подроста по породам деревьев, следует отметить, что при общей поврежденности 5,0 %, у фисташки туполистной этот показатель составляет 2,9 %, у дуба пушистого – 4,8 %, у груши лохолистной – 3,3 %. У ясеня обыкновенного подрост неповрежденный. Наиболее повреждаемой дикими животными породой является дуб пушистый в категориях крупного и среднего подроста, в мелком подросте груша лохолистная.
 4. В насаждениях фисташки в 2017 году основными породами в подросте дуб пушистый, фисташка туполистная, груша лохолистная, единично ясень обыкновенный. При общей поврежденности подроста 88,6 %, у фисташки туполистной этот показатель составляет 85 %, у дуба пушистого – 93,4 %, у груши лохолистной – 96,4 %, у ясеня обыкновенного – 100 %. Средний подрост во всех породах полностью поврежден животными.
 5. По составу подроста происходит замена главной лесообразующей породы фисташки туполистной преобладающей в этих насаждениях на дуб пушистый и грушу лохолистную. Исключение – ППП № 16, где преобладание фисташки в подросте, видимо, обусловлено тем, что эта порода в материнском пологе занимает в составе насаждения 10 единиц без примесей других пород. В среднем подросте фисташка туполистная встречается только на ППП № 16, в крупном подросте фисташка встречается на ППП № 16 (87 %) и ППП № 14 (13 %).
 6. Лесовозобновление в насаждениях фисташки туполистной в Карадагском заповеднике следует считать неудовлетворительным. Перенаселение косули европейской в заповеднике отмечается более двух десятилетий, ее плотность превысила оптимальную в 2016 году в 10 раз. Степень поврежденности подроста фисташки туполистной и груши лохолистной увеличилась за эти годы в 29 раз, а у дуба пушистого почти в 20 раз. Просматривается явная тенденция выпадения главной лесообразующей породы в этих древостоях – фисташки туполистной.
 7. Формации фисташки туполистной в Карадагском заповеднике требуют мониторинга, охраны и соблюдения абсолютного режима заповедности, как

раритетные сообщества, доминанты которых являются редкими и занесены в Красную книгу Российской Федерации, Красную книгу Республики Крым, а так же находятся на границе ареала, под воздействием природного и антропогенного влияния.

Работа выполнена в рамках темы Госзадания КНС-ПЗ РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ №АААА-А19-119012490044-3.

Список литературы

1. Жизнь растений / А. Л. Тахтаджян (ред.). – М.: Просвещение, 1981. – Т.5 (2). – 512 с.
2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М. В. Ломоносова; Гл. редколл.: Ю. П. Трутнев и др.; сост. Р. В. Камелин и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
3. Красная книга Республики Крым: растения, водоросли и грибы / А. В. Ена, А. В. Фатерыга (ред.). – Симферополь: ИТ «Ариал», 2015. – 480 с.
4. Красная книга Краснодарского края (Растения и грибы) / С. А. Литвинская (ред.). – Краснодар, 2007. – 640 с.
5. Червона книга України. Рослинний світ / Я. П. Дідух (ред.). – Київ: Глобалколсантинг, 2009. – 900 с.
6. Зелена книга України / Я. П. Дідух (ред.). Київ: Альтепрес, 2009. – 448 с.
7. Шиловская Э. А. Возобновление *Pistacia atlantica* desf в Горном Крыму / Э. А. Шиловская // Сборник научных трудов ГНБС. – 2018. – Т.147. – С.71–73.
8. Чернышева Е. Б. Состояние популяций *Pistacia mutica* Fisch. et C. A. Mey. в регионе Севастополя / Е. Б. Чернышева, Л. В. Бондарева, В. В. Александров, К. А. Алексеева // Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана, Сборник тезисов научно-практической школы-конференции, 2018. – С. 161–163.
9. Плугогар Ю. В. Из лісів Криму / Ю. В. Плугогар. – Харків: Новое слово, 2008. – 462 с.
10. Проект організації території та охорони природних комплексів Карадазького природного заповідника НАН України. – Ірпінь, 2005. – 210 с.
11. Ярыш В. Л. Проблемы лесовозобновления в дубовых насаждениях на особо охраняемых территориях / В. Л. Ярыш, Г. Е. Ярыш // Системы контроля окружающей среды. – 2019. – Вып. 1 (35). – С. 130–135.
12. Ярыш В. Л. Влияние косули европейской на лесовозобновление в насаждениях Карадагского природного заповедника / В. Л. Ярыш, С. П. Иванов, Н. В. Антоненц // Экосистемы. – 2018. – Вып.16 (46). – С. 116–129.
13. Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации / Приказ №188 от 25.03.2019
14. Гасанов З. М. Дикорастущие сородичи орехоплодных культур на малом Кавказе в пределах Азербайджана / З. М. Гасанов, З. А. Ибрагимов, Т. Н. Садыгов, Д. И. Сардарова, Р. А. Ализаде // Современное садоводство. Электронный журнал. – 2016. – №1. – С.36–51
15. Летухова В. Ю. Популяция фисташки туполистной (*Pistacia mutica* Fisch. & C.A. Mey.) в долине Беш-Таш (юго-восточный Крым) / В. Ю. Летухова, И. Л. Потапенко, М. Е. Кузнецов // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2016. – Т. 1., №2. – С. 11–18.
16. Ярыш В. Л. Феномен высокой плотности копытных в Карадагском природном заповеднике в Крыму. Сообщение II. Многолетняя динамика численности / В. Л. Ярыш, С. П. Иванов // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2017. – Том 3 (69), № 4. – С. 253–267.
17. Ярыш В. Л. Мониторинг популяции косули европейской в Карадагском природном заповеднике / В. Л. Ярыш, Н. В. Антоненц, Г. Е. Ярыш // Системы контроля окружающей среды. – 2019. – Вып. 3 (37). – С. 127–131.

**ANALYSIS OF THE UNDERGROWTH PLANTINGS OF TEREBINTH
(*PISTACIA MUTICA*) IN THE KARADAG NATURE RESERVE**

Yarysh V. L., Yarysh G. E.

*T.I. Vyasemsky Karadag Scientific Station – Nature reserve of the RAS – Branch of IBSS, Feodosia, Crimea, Russia
E-mail: galina.yarish65@gmail.com*

This article discusses the state and the resumption of tree species in plantations of terebinth (*Pistacia mutica*) on land of the Karadag reserve. *Pistacia mutica* is a Mediterranean relict species of the Tertiary period, included in the Red Books of Russia, Crimea and Ukraine. Terebinth (*Pistacia mutica*) creates rare relict plant communities (formation *P. mutica*) listed in the Green Book of Ukraine. A comparative analysis of small, medium and large undergrowth in the sample areas laid in 2005–2006 and in 2017 for undergrowth damage monitoring. Counting of the number and extent of damage to young growth stands of sessile in 2005–2006 and in 2017 – have shown that the undergrowth density was 2.0 thousand units/ha and 3.5 thousand units/ha correspondently. The degree of damaged undergrowth in 2005–2006 and in 2017 was 5.0 % and 88.6 %, respectively. The number of undergrowth in plantations in 2005–2006 is 1.7 times lower than the number of undergrowth in 2017. At the same time, the density of large undergrowth in plantations in 2005–2006 is 3 times higher than the density of large undergrowth in stands in 2017.

The studies noted that there is replacement of the main forest-forming specie of terebinth (*Pistacia mutica*) bedrock prevailing in the plantations, in the downy oak (*Quercus pubescens*) and oleaster pear (*Pyrus eleagnifolia*). In undergrowth *Pistacia mutica* takes 29 %, and in large undergrowth it takes about 12 %. Most of damaged species is downy oak in all categories of undergrowth and oleaster pear in young growth stands. The undergrowth of European ash (*Fraxinus excelsior*) is rare.

As the number of European roe deer (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758) grows, the pressure on the floristic complexes of the reserve increases too, due to excessive population density of this species (the her density in 2016 is 10 time higher than optimal density – 437 species on 1000 ha). A great destruction of the undergrowth observed. Most of damaged wildlife species is downy oak in all categories of undergrowth, and oleaster pear in small undergrowth. Meanwhile, the share of affected undergrowth of terebinth increased from 2,9 to 85.0 %, the share of downy oak – from 4.8 to 93.4 %, and the share oleaster pear – from 3,3 to 96,4 %.

Renewal of tree species in plantations of *Pistacia mutica* in the Karadag reserve should be considered unsatisfactory. *P. mutica* populations in Kardag reserve require ongoing monitoring and conservation.

Keywords: reforestation, undergrowth, *Pistacia mutica*, ungulate influence, Karadag nature reserve.

References

1. *Plant Life*, (Takhtadzhyan A.L. (ed.)), **5 (2)**, 512 p. (Prosveshcheniye, Moscow, 1981).
2. *The Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)* (Ch. redoll .: Yu. P. Trutnev and others; status R. V. Kamelin and others), 885 p. (KMK Scientific Press Ltd., Moscow, 2008).
3. *The Red Book of the Republic of Crimea: plants, algae and fungi* (Yena A. V., Fateriga A. V. (ed.)), 480 p. (PP Arial, Simferopol, 2015).
4. *The Red Book of the Krasnodar Territory (Plants and fungi)* (Litvinskaya S.A. (ed.)), 640 p. (Krasnodar, 2007).
5. *Red Data Book of Ukraine. Vegetable Kingdom* (Didukh Ya.P. (ed.)), 900 p. (Kiev: Globalconsulting, 2009).
6. *Green Book of Ukraine* (Didukh Ya.P. (ed.)), 448 p. (Alterpres, Kiev, 2009).
7. Shilovskaya A. A. Renewal of *Pistacia atlantica* desf in the Mountainous Crimea, *Collected scientific works of the GNSS*, **147**, 71 (2018).
8. Chernysheva E. B., Bondareva L. V., Aleksandrov V. V., Alekseeva K. A. Population status *Pistacia mutica* Fisch. and others A. May. in the region of Sevastopol, *Collection of abstracts of a scientific-practical school-conference "Terrestrial and marine ecosystems of the Black Sea region and their protection"* (Sevastopol: Federal State Budgetary Scientific Institution Institute of Natural and Technical Systems, 2018), p. 161.
9. Plugotar Yu. V. *From the forests of Crimea*, 462 p. (Novoe slovo, Kharkiv, 2008).
10. *The project of the organization of the territory and protection of the natural complexes of the Karadaz natural reserve of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 210 p. (Irpın, 2005).
11. Yarysh V. L., Yarysh G. E. Aspects of oak-tree planting reforestation on protected natural reserve, *Monitoring systems of environment*, **1 (35)**, 130 (2019).
12. Yarysh V. L., Ivanov S. P., Antonets N. V. The Influence of European Roe Deer on Reforestation in Plantations of the Karadag Natural Reserve, *Ecosystems*, **16 (46)**, 116 (2018).
13. *On approval of the Rules of reforestation, the composition of the reforestation project, the procedure for developing a reforestation project and amending it* (Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, Order N. 188 of March 25, 2019).
14. Hasanov Z. M., Ibrahimov Z. A., Sadiqov T. N., Sardarova D. İ., Alizade R. A. Wild relatives of nut species in lesser caucasus of Azerbaijan, *Contemporary horticulture. Electronic Journal*, **1**, 36 (2016).
15. Letukhova V. Ju., Potapenko I. L., Kusnetsov M. E. The terebinth population (*Pistacia mutica* Fisch. & C.A. Mey.) in the Besh-Tash valley (south-east Crimea), *Nature Conservation Research*, **1 (2)**, 11 (2016).
16. Yarysh V. L., Ivanov S. P. The phenomenon of high density of ungulates at the Karadag Nature Reserve in Crimea. Report II. Long-term population dynamics, *Scientific notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **3 (69), 4**, 253 (2017).
17. Yarysh V. L., Antonets N. V., Yarysh G. E. Monitoring of population European Roe Deer at the Karadag natural reserve, *Monitoring systems of environment*, **3 (37)**, 127 (2019)

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 6 (72). 2020. № 2. С. 304–313.

УДК 546.661 + 546.663 + 547-32

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕРОЛИГАНДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЕВРОПИЯ(III) И ТЕРБИЯ(III) НА ОСНОВЕ N-ДОДЕЦИЛИМИНОДИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ХЕЛАТООБРАЗУЮЩИХ ЛИГАНДОВ

Сарнит Е. А.¹, Сайдахмедова Н. Н.¹, Муртазаева Д. Н.¹, Мельникова Е. Д.²

¹Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

²Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение)

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

E-mail: easarnit@mail.ru

Получены и исследованы гетеролигандные комплексы европия(III) и тербия(III) на основе N-додецилиминодиуксусной кислоты, 1,10-фенантролина и пентандиона-2,4, обладающие квантовым выходом люминесценции 9,7 и 20,8 % соответственно. Синтезированные соединения исследованы методами элементного анализа и термогравиметрии; способ координации определен по данным инфракрасной спектроскопии.

Ключевые слова: гетеролигандные комплексы европия(III), гетеролигандные комплексы тербия(III), N-додецилиминодиуксусная кислота, β-дикетон – пентандион-2,4 (ацетилацетон), 1,10-фенантролин, люминесцентный метод анализа, квантовый выход люминесценции.

ВВЕДЕНИЕ

Координационные соединения лантанидов способны к фото- и электролюминесценции, обусловленной *f-f*-переходами между электронными уровнями центрального атома [1–3]. Наблюдение люминесценции возможно как в твердых образцах, во взвешях осадков комплексов, так и в водных или в неводных растворах комплексов [4–7]. Согласно классификации катионов редкоземельных элементов по способности к люминесценции, соединения Eu^{3+} и Tb^{3+} проявляют люминесценцию в видимой области спектра [8, 9], на основании чего представлялось интересным изучить люминесцентные свойства гетеролигандных комплексов данных катионов металлов. Для синтеза гетеролигандных комплексов в качестве лигандов использована N-додецилиминодиуксусная кислота, поскольку расположение донорных атомов азота и кислорода в молекуле кислоты

благоприятно для образования устойчивых пятичленных хелатных циклов. В свою очередь, N-додецилиминодиуксусная кислота является перспективным объектом для получения пленок Ленгмюра-Блоджетт, так как молекула кислоты имеет в составе алифатический линейный углеводородный радикал ($-C_{12}H_{25}$): сочетание свойств центрального атома и органического лиганда позволяет придавать подобным плёнкам заданные свойства [10–14]. В качестве дополнительных хелатообразующих лигандов использованы пентандион-2,4 и 1,10-фенантролин, который в составе комплекса выполняет роль своеобразной «фотоантенны» для передачи энергии излучения на орбитали центрального атома.

Данная статья посвящена исследованию и сравнению люминесценции гетеролигандных комплексов тербия(III) и европия(III) с N-додецилиминодиуксусной кислотой и дополнительными хелатообразующими лигандами: ацетилацетоном и 1,10-фенантролином.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы следующие реагенты: ацетилацетон (пентандион-2,4; х.ч.), моногидрат 1,10-фенантролина (х.ч.), этиловый спирт (х.ч.),

N-додецилиминодиуксусная кислота (х.ч.), хлороформ (х.ч.), кристаллогидраты следующих солей: $M(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (х.ч.), $M = Eu, Tb$.

Элементный анализ выполнен на элементном CHN-анализаторе «Euro EA Elemental Analyser» (кафедра общей и физической химии Таврической академии КФУ, г. Симферополь).

Инфракрасные спектры поглощения зарегистрированы на ИК-Фурье спектрометре «ООО Инфраспек» и ИК-Фурье спектрометре «Perkin Elmer» (кафедра общей и физической химии Таврической академии КФУ, г. Симферополь).

Термогравиметрические исследования проведены на Q-дерииватографе на базе Центра коллективного пользования «Биопозитивное строительство и ресурсосбережение» (Академия строительства и архитектуры КФУ, г. Симферополь).

Спектры возбуждения и люминесценции зарегистрированы с использованием спектрофлюориметра «Fluoromax-4» (HORIBA Scientific) с Хе-лампой (кафедра общей и физической химии Таврической академии КФУ, г. Симферополь).

1) Методика синтеза гетеролигандных комплексов на основе ацетилацетона и 1,10-фенантролина.

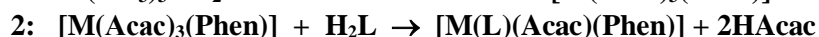
К водному раствору 0,5 ммоль кристаллогидрата нитрата f-элемента в 20 мл воды добавили 1,5 ммоль ацетилацетона и водный раствор 0,5 ммоль моногидрата 1,10-фенантролина. Полученную смесь нагревали при перемешивании на магнитной мешалке до окончательного растворения исходных веществ. После выдерживания исходного раствора в течение одних суток, к нему добавляли по каплям водный раствор аммиака ($\approx 10\%$) до слабощелочной среды. Полученный осадок отфильтровали, промыли водой, водным этанолом и высушили на воздухе при комнатной температуре. Выход комплексов $\sim 60\%$.

2) **Методика синтеза гетеролигандных комплексов на основе N-додecilиминодиуксусной кислоты, ацетилацетона и 1,10-фенантролина.**

Синтез целевого координационного соединения осуществлен по следующей методике: 0,5 ммоль $[M(\text{Acac})_3(\text{Phen})]$ растворили в 20 мл хлороформа, добавили 0,5 ммоль N-додecilиминодиуксусной кислоты; смесь нагревали в колбе с обратным холодильником и перемешивали на магнитной мешалке до полного растворения реагентов; полученный раствор выдержали одни сутки, затем упарили на воздухе и высушили в чашке Петри. Выход комплексов ~ 90 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Синтез координационных соединений осуществлен в две стадии: первая стадия (схема 1) – получение гетеролигандных комплексов f-элементов на основе ацетилацетона (HAcac) и 1,10-фенантролина (Phen). Вторая стадия (схема 2) – синтез с использованием соответствующего промежуточного комплекса и N-додecilиминодиуксусной кислоты в хлороформе в соотношении реагентов 1:1.



Полученные координационные соединения европия(III) и тербия(III) представляют собой мелкокристаллические вещества бежевого цвета, нерастворимые в воде и малорастворимые в этаноле и хлороформе, данные элементного анализа итоговых комплексов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав и данные элементного анализа комплексов

Соединение (№)	Брутто- формула	Массовая доля, % (найдено / вычислено)		
		C	H	N
$[\text{Eu}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ (комплекс 1)	$\text{C}_{33}\text{H}_{44}\text{N}_3\text{EuO}_6$	54,78 / 54,24	6,27 / 6,07	5,86 / 5,75
$[\text{Tb}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ (комплекс 2)	$\text{C}_{33}\text{H}_{44}\text{N}_3\text{TbO}_6$	53,62 / 53,73	6,19 / 6,01	5,76 / 5,70

Для определения термической устойчивости синтезированных соединений был выполнен дифференциальный термический и термогравиметрический анализ комплексов, результаты анализа представлены в табл. 2.

Установлено, что комплекс $[\text{Eu}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ устойчив до 100 °С, далее начинается потеря массы без видимого эффекта на кривой ДТА. Потеря массы в 6,9 % на кривой ТГА отвечает удалению одного остатка ацетилацетона от двух единиц комплекса: найдено – 6,9 %, вычислено – 6,8 %, процесс заканчивается при 210 °С. Далее в интервале температур от 210 до 240 °С с максимумом слабого экзоэффекта при 229 °С происходит декарбоксилирование двух карбоксилатных групп координированной N-додecilиминодиуксусной кислоты; процент потери

массы составляет 34,3 %, а вычислено – 32,7 %. Далее происходит термоокислительная деструкция и выгорание органического остатка с максимумами при 436 и 471 °С. Окончательная потеря массы наступает при 778 °С, процент потери массы 76,9 %.

По аналогичной схеме происходит разложение при нагревании и комплекса [Tb(L)(Acac)(Phen)]: соединение устойчиво до 110 °С, потеря массы в 7 % на кривой ТГА отвечает удалению одного остатка ацетилацетона от двух единиц комплекса: найдено – 7 %, вычислено – 6,8 %, процесс заканчивается при 220 °С.

Далее в интервале температур от 220 до 260 °С с максимумом слабого экзоэффекта при 230 °С происходит декарбоксилирование двух карбоксилатных групп координированной N-додецилиминодиуксусной кислоты; процент потери массы составляет 36 %, а вычислено – 37,4 %. Далее происходит термоокислительная деструкция и выгорание органического остатка с максимумами при 428 и 475 °С. Окончательная потеря массы наступает при 800 °С, процент потери массы 77 %.

Таблица 2

Данные дифференциального термического и термогравиметрического анализа комплексов европия(III) и тербия(III) на основе N-додецилиминодиуксусной кислоты (H₂L), ацетилацетона (HAcac) и 1,10-фенантролина (Phen)

Соединение (№)	Интервал температур по кривой ДТА, °С	Экстремум по кривой ДТА, °С	Δ m, % найдено/ вычислено	Процесс
[Eu(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 1)	100–210	–	6,9 / 6,8	– HAcac
	210–240	229 (+)	34,3 / 32,7	– 2CO ₂
	240–350	–	62,9 / 63,2	– Phen
	350–450	436 (+)	65,9 / –	выгорание органического остатка
	450–490	471 (+)		
	490–778	–	76,9 / –	окончательная потеря массы
[Tb(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 2)	110–220	–	7,0 / 6,8	– HAcac
	220–260	230 (+)	36,0 / 37,4	– 2CO ₂
	260–340	–	64,5 / 63,4	– Phen
	340–420	428 (+)	63,8 / –	выгорание органического остатка
	420–490	475 (+)		
	490–800		77,0 / –	окончательная потеря массы

Для получения гетеролигандных комплексов использована N-додецил-минодиуксусная кислота (H₂L), идентифицированная по данным инфракрасной спектроскопии. ИК-спектр поглощения H₂L: ($\bar{\nu}_{\max}$, см⁻¹): 3020 (сл.) $\nu(\text{OH})$; 2992 $\nu_s(\text{CH}_3)$; 2960 $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$; 2918 $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_2)$; 2851 $\nu_s(\text{CH}_2)$; 1703 $\nu(\text{C}=\text{O})_{(\text{COOH})}$; 1470 $\delta(\text{CH}_2)$; 1430 $\delta(\text{C}-\text{OH})$; 1386 $\tau(\text{CH}_2)$; 1338 $\nu(\text{C}-\text{N})$; 1293 $\nu(\text{C}-\text{O})_{(\text{COOH})}$; 1156 $\omega(\text{CH}_2)$; 725 $\rho(\text{CH}_2)$; 606, 560, 490, 423 $\delta(\text{C}-\text{C}-\text{C})$.

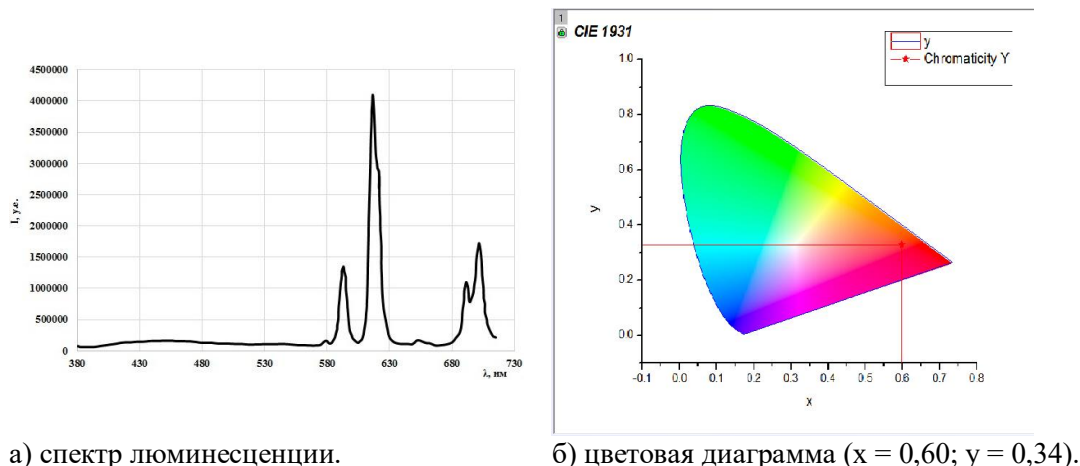
Для идентификации гетеролигандных комплексов, синтезированных на основе 1,10-фенантролина, ацетилацетона и N-додецилминодиуксусной кислоты, проведено сравнение положения полос поглощения наиболее характеристичных колебаний свободных и координированных органических лигандов: валентных колебаний связи C–N для 1,10-фенантролина; валентных колебаний связей C–O и C=O для ацетилацетона; валентных асимметричных и симметричных колебаний карбоксилат-аниона для N-додецилминодиуксусной кислоты (табл. 3).

Таблица 3

Данные ИК спектроскопии ($\bar{\nu}_{\max}$, см⁻¹) комплексов европия(III) и тербия(III) с N-додецилминодиуксусной кислотой (H₂L) ацетилацетоном (HAcac-H) и 1,10-фенантролином (Phen)

Тип колебания	H ₂ L	[Eu(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 1)	[Tb(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 2)
$\nu(\text{OH})$	3020 (сл.)	–	–
$\nu(\text{C}=\text{O})_{(\text{COOH})}$	1703 (с.)	–	–
$\delta(\text{COH})_{(\text{COOH})}$	1430	–	–
$\nu(\text{C}-\text{N})$	1338	1330	1325
$\nu(\text{C}-\text{O})_{(\text{COOH})}$	1293	–	–
$\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)$	–	1587	1604
$\nu_s(\text{COO}^-)$	–	1346	1352
$\Delta\nu$	–	241	252
Полосы поглощения дополнительных хелатообразующих лигандов			
$\nu(\text{C}=\text{O})$	Acac ⁻	1630	1650
$\nu(\text{C}-\text{O})$		1135 (сл.)	1124 (сл.)
$\nu(\text{C}_{\text{ар}}-\text{N})$	Phen	1427 (ш.)	1420 (ш.)

На основании полученных данных синтезированному комплексу **1** можно приписать следующее строение: 1,10-фенантролин координирован катионом

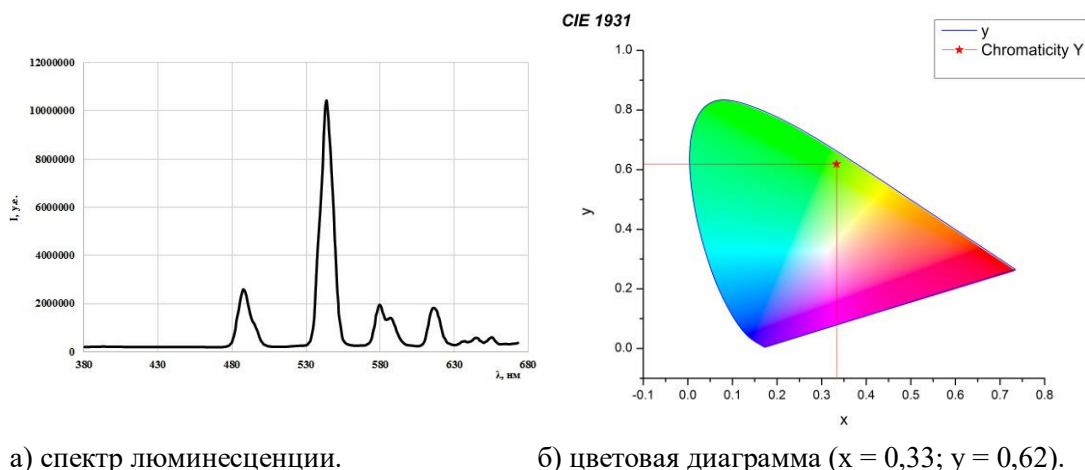


а) спектр люминесценции.

б) цветовая диаграмма ($x = 0,60$; $y = 0,34$).

Рис. 2. Спектр люминесценции и цветовая диаграмма люминесценции твёрдого образца комплекса $[\text{Eu}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ (1).

На рис. 3-а приведен спектр люминесценции твёрдого образца комплекса $[\text{Tb}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ (2), наиболее интенсивные полосы наблюдаются при 448, 545, 583 и 620 нм, что отвечает переходам с низшего уровня $J = 4$ первого возбужденного термина 5D_4 на J -уровни основного термина 7F_J ($J = 6; 5; 4; 3$) иона $\text{Tb}^{3+}(4f^8)$ (табл. 4). На рис. 3-б приведена цветовая диаграмма, отражающая положение максимума люминесценции твёрдого образца данного комплекса, точка максимума на диаграмме отвечает следующим координатам цветности: $x = 0,33$; $y = 0,62$, что соответствует зеленой области спектра; квантовый выход люминесценции Q_y составляет 20,8 %.



а) спектр люминесценции.

б) цветовая диаграмма ($x = 0,33$; $y = 0,62$).

Рис. 3. Спектр люминесценции и цветовая диаграмма люминесценции твёрдого образца комплекса $[\text{Tb}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ (2).

В табл. 4 приведены значения положения максимумов, интенсивность полос и отвечающие им электронные переходы в спектрах в люминесценции твердых образцов комплексов европия(III) и тербия(III).

Таблица 4
Параметры спектров люминесценции твёрдых образцов комплексов [Eu(L)(Acac)(Phen)] и [Tb(L)(Acac)(Phen)]

Соединение (№)	$\lambda_{\text{люм}}$, нм	$I_{\text{люм}} \times 10^{-5}$	Электронный переход
[Eu(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 1)	590	14	$^5D_0 \rightarrow ^7F_1$
	612	43	$^5D_0 \rightarrow ^7F_2$
	688	12	$^5D_0 \rightarrow ^7F_3$
	700	18	$^5D_0 \rightarrow ^7F_4$
[Tb(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 2)	448	24	$^5D_4 \rightarrow ^7F_6$
	545	108	$^5D_4 \rightarrow ^7F_5$
	583	18	$^5D_4 \rightarrow ^7F_4$
	620	16	$^5D_4 \rightarrow ^7F_3$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате работы получены и исследованы гетеролигандные комплексы европия(III) и тербия(III) с N-додецилиминодиуксусной кислотой, ацетилацетоном и 1,10-фенантролином.
2. По данным инфракрасной спектроскопии определён способ координации N-додецилиминодиуксусной кислоты, выполняющей роль тридентатного лиганда: координация осуществляется через монодентатно координированные карбоксилат-анионы и атом азота с образованием двух пятичленных хелатных циклов.
3. Для синтезированных гетеролигандных комплексов европия(III) и тербия(III) изучены спектры возбуждения и люминесценции твёрдых образцов, определен квантовый выход люминесценции, составляющий 9,7 и 20,8 % соответственно.

Список литературы

1. Ермолаев Л. В. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения / Л. В. Ермолаев, Е. Н. Бодунов, Е. Б. Свешникова [и др.]. – Л.: Наука, 1977. – 616 с.
2. Latva M. Correlation between the lowest triplet state energy level of the ligand and lanthanide(III) luminescence quantum yield / M. Latva, H. Takalo, V.-M. Mukkala [et al.] // J. Luminesc. – 1997. – Vol. 75, № 2. – P. 149–169.
3. Каткова М. А. Координационные соединения редкоземельных металлов с органическими лигандами для электролюминесцентных диодов / М. А. Каткова, А. Г. Витухновский, М. Н. Бочкарёв // Успехи химии. – 2005. – Т. 74, № 12. – С. 1193–1215.
4. Алакаева Л. А. Люминесцентные методы исследования комплексных соединений / Л. А. Алакаева, Р. Д. Ульбашева. – Нальчик: Изд-во Каб-Балк. ун-та, 2003. – 58 с.
5. Головина А. П. Собственная люминесценция неорганических ионов и её аналитическое использование. Определение малых концентраций элементов / А. П. Головина, В. К. Рунов, С. К. Савдокасова [и др.]. – М.: Наука, 1986. – С. 205–225.

6. Спицын В. И. Координационная химия редкоземельных элементов / В. И. Спицын, Л. И. Мартыненко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 253 с.
7. Ермолаев В. Л. Изучение комплексобразования между органическими молекулами и ионами редкоземельных элементов в растворах методом переноса электронной энергии / В. Л. Ермолаев, Е. Б. Свешникова, Т. А. Шахвердов // Успехи химии. – 1976. – Т. 45, № 10. – С. 1753–1781.
8. Гайдук М. И. Спектры люминесценции европия / М. И. Гайдук, В. Ф. Золин, Л. С. Гайгерова – М.: Наука, 1974. – 195 с.
9. Казгикин О. Н. Неорганические люминофоры / О. Н. Казгикин, Л. Я. Марковский, И. А. Миронов – Л.: Химия, 1975. – 192 с.
10. Тодуа П. А. Применение сверхтонких слоев органических материалов в перспективных устройствах твердотельной электроники / П. А. Тодуа, В. Н. Шестакова – С-Пб.: Сер. Образцовые и высокоточные измерения, 1989. – С. 14–18.
11. Блинов Л. М. Физические свойства и применение лангмюровских моно- и мультимолекулярных структур / Л. М. Блинов // Успехи химии. – 1983. – Т. 52, № 8. – С. 1263–1300.
12. Блинов Л. М. Лангмюровские пленки / Л. М. Блинов // Успехи физических наук. – 1988. – Т. 155, № 3. – С. 433–480.
13. Чечель О. В. Использование пленок Ленгмюра-Блоджетт в качестве регистрирующих слоев оптических носителей информации / О. В. Чечель, В. Н. Николаев // Успехи химии. – 1990. – Т. 59, № 11. – С. 1888–1903.
14. Ковальчук М. В. Молекулярный конструктор Ленгмюра-Блоджетт / М. В. Ковальчук, В. В. Ключковская, Л. А. Фейгин // Природа. – № 11. – 2003. – С. 11–19.

**SYNTHESIS, STRUCTURE AND LUMINESCENCE OF EUROPIUM(III),
TERBIUM(III) HETEROLIGAND COMPLEX BASED ON
N-DODECYLIMINODIACETIC ACID AND ADDITIONAL CHELATING
LIGANDS**

Sarnit E. A., Saidahmetova N. N., Murtazaeva D. N., Melnikova E. D.

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

The coordination compounds of lanthanides are able to photo- and electroluminescence due to $f-f$ transitions between the electronic levels of the central atom. Luminescence observation is possible both in solid samples, in suspensions of complexes, and in aqueous or non-aqueous solutions of complexes. According to the classification of cations of rare-earth elements by their luminescence ability, Eu^{3+} and Tb^{3+} cations emit luminescence in the visible spectral region. On the basis of which it was interesting to study the luminescent properties of the heteroligand complexes of these metal cations. For the synthesis of heteroligand complexes, N-dodecyliminodiacetic acid was used as ligands, since the arrangement of donor nitrogen and oxygen atoms in the acid molecule is favorable for the formation of stable five-membered chelate rings. In turn, N-dodecyliminodiacetic acid is a promising object for the production of Langmuir-Blodgett films, since the acid molecule contains an aliphatic linear hydrocarbon radical ($-\text{C}_{12}\text{H}_{25}$): the combination of the properties of the central atom and the organic ligand makes it possible to impart specified properties to such films. Pentandion-2,4 and 1,10-phenanthroline are used as additional chelating ligands, which as part of the complex acts as a kind of «photoantenna» for transferring radiant energy to the orbitals of the central atom.

As a result of the work, heteroligand complexes of europium(III) and terbium(III) with N-dodecyliminodiacetic acid and additional chelating ligands were obtained. The composition of the complexes was determined on the base of the data of elemental analysis: the ratio of metal to N-dodecyliminodiacetic acid is 1:1. The method of coordination of N-dodecyliminodiacetic acid and additional chelating ligands was determined by infrared spectroscopy: N-dodecyliminodiacetic acid was coordinated through oxygen atoms and a nitrogen atom to form two five-membered chelate cycles.

The maxima positions of the luminescence bands of the solid sample of the europium(III) complex are: 590; 612; 688 and 700 nm, respectively. According to the chromaticity coordinates, the resulting europium(III) complex gives a characteristic red glow; the quantum yield of luminescence is 9.7 %.

The maxima positions of the luminescence bands of the solid sample of the terbium(III) complex are: 448; 545; 583 and 620 nm, respectively. According to the chromaticity coordinates, the resulting terbium(III) complex gives a characteristic green glow; the quantum yield of luminescence is 20.8 %.

Keywords: heteroligand complexes of europium(III), heteroligand complexes of terbium (III), N-dodecyliminodiacetic acid, β -diketone – pentanedione-2,4 (acetylacetonone), 1,10-phenanthroline, luminescence, quantum yield of luminescence.

References

1. Ermolaev L. V., Bodunov E. N., Sveshnikov E. B., *Nonradiative energy transfer of electronic excitation*, 616 p. (Leningrad, Science, 1977). (in Russ.).
2. Latva M., Takalo H., Mukkala V.-M., Correlation between the lowest triplet state energy level of the ligand and lanthanide(III) quantum yield of luminescence, *J. Luminesc.*, **75** (2), 149 (1997).
3. Katkova M. A., Vitukhnovsky A. G., Bochkarev M. N., Coordination compounds of rare-earth metals with organic ligands for electroluminescent diodes, *Advances in Chemistry*, **74** (12), 1194 (2005). (in Russ.).
4. Alakaeva L. A., Ulbasheva R. D., *Luminescent methods of complex compounds research*, 58 p. (Nalchik, Publishing House Kab-Balk. Univ., 2003). (in Russ.).
5. Golovina A. P., Runov V. K., Savdokasova S. K., *Own luminescence of inorganic ions and its analytical use. Determination of low concentrations of elements*, P. 205–225. (Moscow, Science, 1986). (in Russ.).
6. Spitsyn V. I., Martynenko L. I., *Coordination chemistry of rare earth elements*, 253 p. (Moscow: Publishing House Moscow Univ., 1979). (in Russ.).
7. Ermolaev V. L., Sveshnikova E. B., Shakhverdov T. A., The study of complexation between organic molecules and rare earth ions in solutions by electron energy transfer, *Advances in Chemistry*, **45** (10), 1753 (1976). (in Russ.).
8. Gaiduk M. I., Zolin V. F., Geigerova L. S., *Europium Luminescence Spectra*, 195 p. (Moscow: Science, 1974). (in Russ.).
9. Kazgikin O. N., Markovsky L. Ya., Mironov I. A., *Inorganic luminophores*, 192 p. (Leningrad, Chemistry, 1975). (in Russ.).
10. Todua P. A., Shestakova V. N., *Application of ultrathin layers of organic materials in promising solid state electronics devices*, P. 14–18. (St. Petersburg: Ser. Model and high-precision measurements, 1989). (in Russ.).
11. Blinov L. M., Physical properties and application of Langmuir mono- and multimolecular structures, *Advances in Chemistry*, **52** (8), 1263 (1983). (in Russ.).
12. Blinov L. M., Langmuir films, *Advances in Physical Sciences*, **155** (3), 433 (1988). (in Russ.).
13. Chechel O. V., Nikolaev V. N., The use of Langmuir-Blodgett films as recording layers of optical information carriers, *Advances in Chemistry*, **59** (11), 1888 (1990). (in Russ.).
14. Kovalchuk M. V., Klechkovskaya V. V., Feigin L. A., Molecular Designer Langmuir-Blodgett, *Nature*, **11**, 11 (2003). (in Russ.).

УДК 546.05:546.06

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ
МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫХ МИНЕРАЛОВ БЕЛГОРОДСКОГО РЕГИОНА,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАТИОНАМИ Li⁺, Na⁺, K⁺**

Трубицын М. А., Королькова С. В., Воловичев Н. А., Фурда Л. В.

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
E-mail: troubitsin@bsu.edu.ru*

Исследованы кислотно-основные свойства нативной, обогащенной и модифицированной катионами Li⁺, Na⁺ и K⁺ монтмориллонитсодержащей глины Белгородской области месторождения Маслова Пристань. Построены кривые распределения активных центров на поверхности глинистых частиц. Показано, что для исследованных материалов характерен широкий диапазон распределения поверхностных кислотно-основных центров в интервале значений pK_a , от -4,4 до +13,13. Выявлен характер изменения концентрации и соотношения активных центров различной природы у монтмориллонитовых минералов в результате модифицирования катионами Li⁺, Na⁺ и K⁺. Установлено, что максимальное количество основных центров 0,79 ммоль-экв/г наблюдается у образца, модифицированного катионами натрия.

Ключевые слова монтмориллонит, ионный обмен, модифицирование, активные центры.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из приоритетных направлений научных исследований является разработка фундаментальных основ получения функциональных материалов по природоподобным технологиям с важными для практического использования свойствами (сорбционными, механическими, каталитическими и другими). В качестве перспективных прототипов создания новых продуктов с высокими ионообменными и сорбционными свойствами могут выступать природные глинистые минералы, представленные слоистыми алюмосиликатами. Глины являются доступными материалами, используемые для решения целого ряда актуальных научно-практических задач, связанных с разработкой новых косметических и фармацевтических препаратов, систем адресной доставки лекарств, катализаторов и сорбентов [1, 2].

Отличительной особенностью монтмориллонитовых минералов является их развитая удельная поверхность, высокая ионообменная способность, а также наличие специфических поверхностных активных центров различной природы [3, 4]. Химический состав минералов группы монтмориллонита может быть описан общей формулой $M_x(Al_{4-x}Mg_x)Si_8O_{20}(OH)_4$, где M – катион щелочного или щелочно-земельного металла, x - степень изоморфного замещения [5].

Как известно, для монтмориллонита характерно трехслойное пакетное строение, где каждый пакет структурно состоит из 2-х кремнекислородных тетраэдрических слоев и заключенного между ними октаэдрического слоя, включающего катионы алюминия [6]. В октаэдрическом слое возможно изоморфное замещение катионов Al^{3+} на катионы Fe^{2+} и Mg^{2+} и другие ионы соизмеримого радиуса, а в тетраэдрическом слое ион Si^{4+} может быть изоморфно замещен на ион Al^{3+} [7]. Замещение ионов Al^{3+} и Si^{4+} на ионы меньшего заряда обуславливает возникновение в элементарных слоях избыточного отрицательного заряда. Компенсация этого заряда происходит за счет внедрения в межпакетное пространство подвижных гидратированных катионов (Na^+ , Li^+ , Ca^{2+} и другие). Такие подвижные катионы могут эквивалентно замещаться на другие катионы по механизму ионного обмена, что позволяет целенаправленно модифицировать глинистое вещество для получения требуемых функциональных свойств.

На территории Белгородской области имеется ряд промышленных месторождений бентонитовых глин, содержащих в качестве доминирующего компонента монтмориллонит, который по типу основного обменного катиона соответствует преимущественно кальциевой форме [8–10]. Ранее авторским коллективом было показано, что важным фактором, влияющим на ионообменные свойства монтмориллонитов, является состояние поверхностных кислотных центров. [8, 11, 12].

Целью настоящей работы являлось изучение кислотных свойств поверхности глинистых минералов, формирующихся в процессе модифицирования катионами Li^+ , Na^+ и K^+ .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для экспериментальных исследований использовали образцы монтмориллонитсодержащей глины Белгородской области месторождения Маслово Пристань, предварительно модифицированных катионами Li^+ , Na^+ и K^+ по авторской методике [12]. Модифицирование МПО проводили водными растворами хлоридов лития, натрия и калия. Массовое соотношение глина : модифицирующий агент (ионы металла Me^+) составляло 10 : 1; соотношение фаз твердая : жидкая – 1 : 10. Продукты солевой обработки отмывали дистиллированной водой, высушивали до постоянной массы и использовали для дальнейших исследований. Образцам присвоены следующие индексы: МПЛi, МПNa, МПК. В качестве образцов сравнения были выбраны нативная и обогащенная монтмориллонитовые глины – индексы МПН и МПО соответственно.

Минералогический состав установлен с применением рентгенофазового анализа по методу порошка в диапазоне двойных углов 2Θ – 64° в автоматизированном режиме на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima XRD-320.

Химический состав исследуемых образцов исследовали методами рентгенофлуоресцентного (ARL Optim'X) и микрорентгеноспектрального анализа (анализатор EDAX, совмещенный с растровым ионно-электронным микроскопом Quanta 200 3D). Определение массовой доли монтмориллонита проводили согласно ГОСТ 28177–89.

Кислотно-основные характеристики поверхности исследуемых материалов определяли методом адсорбции одноосновных индикаторов на поверхности твердофазных веществ из водной среды [13]. Были выбраны индикаторы, позволяющие контролировать концентрацию и силу кислотно-основных центров в диапазоне кислотности по Гаммету от -4,4 до +13,13 (таблица 1).

Количественное определение центров адсорбции ($q_{pK_a^x}$, ммоль-экв/г) выполняли спектрофотометрическим методом. Растворы фотометрировали на спектрофотометре Spekord-50 при длине волны, соответствующей максимальному поглощению каждого индикатора (λ_{max}).

Алгоритм аналитических определений был следующий. Исходная концентрация индикатора в растворе составляла 0,0006 моль-экв/л (0,0006 ммоль-экв/мл), масса образца 0,02 г. Навеску каждого исследуемого образца помещали в калиброванные пробирки емкостью 5 мл, приливали требуемый объем стандартного раствора индикатора с определенным значением pK_a^x , разбавляли водой до метки, тщательно перемешивали и выдерживали в течение 1 ч. После установления адсорбционного равновесия отделяли жидкую фазу декантацией и измеряли при длине волны (λ_{max}), соответствующей каждому индикатору (табл.1), значение оптической плотности A_1 . Одновременно проводили холостой опыт, учитывающий влияние взаимодействия образца с растворителем на изменение оптической плотности в процессе адсорбции красителя. Для этого навески образца ($m_2 \sim m_1$) заливали 3 мл воды, через час декантировали раствор в другую пробирку, добавляли необходимый объем индикатора, разбавляли водой до 5 мл, перемешали и выдержали в течении 30 минут и измеряли значение оптической плотности (A_2), соответствующее изменению окраски индикатора за счет изменения рН среды при контакте образца с растворителем. Содержание активных центров данной кислотной силы, эквивалентное количеству адсорбированного индикатора, рассчитывали по формуле:

$$q_{pK_a^x} = \frac{C_{ind} \cdot V_{ind}}{A_0} \cdot \left(\frac{(A_0 - A_1)}{m_1} \pm \frac{(A_0 - A_2)}{m_2} \right)$$

где C_{ind} – концентрация раствора индикатора, ммоль-экв/мл; V_{ind} – объем раствора индикатора, взятого для анализа, мл; A_1 – оптическая плотность раствора индикатора после сорбции; A_2 – оптическая плотность «холостого» раствора; A_0 – оптическая плотность раствора индикатора до сорбции; m_1 и m_2 – масса сорбента при измерении A_1 и A_2 , г; знак « \leftarrow » соответствует однонаправленному изменению A_1 и A_2 относительно A_0 , а знак « \rightarrow » – разнонаправленному.

На основании полученных данных строили кривые распределения кислотно-основных центров на поверхности исследуемых образцов в координатах $q_{pK_a^x} = f(pK_a^x)$.

Данная методика позволяет проводить количественное определение суммарной кислотности по Льюису и Бренстеду с дифференциацией реакционных центров по типу и силе в зависимости от pK_a^x индикатора. Ассортимент используемых кислотно-основных индикаторов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Ассортимент и некоторые характеристики кислотно-основных индикаторов

Название индикатора	pK_a^x	λ_{max} (нм)
Мета-нитроанилин	-4,4	340
Орто-нитроанилин	-0,29	410
Кристаллический фиолетовый	+0,80	580
Бриллиантовый зеленый	+1,30	610
Фуксин (основание)	+2,1	540
Метилловый оранжевый	+3,46	460
Бромфеноловый синий	+4,10	592
Метилловый красный	+5,0	430
Бромкрезоловый пурпур.	+6,4	540
Пара-нитрофенол	+7,15	360
Бромтимоловый синий	+7,3	430
Феноловый красный	+8,0	430
Мета-нитрофенол	+8,4	330
Тимоловый синий	+8,8	430
Тимолфталеин	+9,5	282
Фенол	+10,0	270
Нильский голубой А	+10,5	640
Тропеолин О	+12,0	440
Индигокармин	+12,8	610
Маннит	+13,13	200

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее в работах [14, 15] для нативной и обогащенной глины достаточно подробно был изучен минералогический состав, который представлен монтмориллонитом, (основной породообразующий минерал), а также иллитом, кварцем, гейландитом, кальцитом, клиноптиллолитом. Установлено, что содержание монтмориллонита в образце МПО достигает 57–60 масс. %.

Из результатов анализа рентгеновских порошковых дифрактограмм (рисунок 1) видно, что в процессе обработки солями Li^+ , Na^+ , K^+ сохраняется фазовый состав образцов и соответствует исходному МПО. Это согласуется с [9, 10], где было показано, что при солевом модифицировании монтмориллонитсодержащей глины протекают реакции ионного обмена между межпакетными катионами монтмориллонита и катионами водных растворов солей. При этом кристаллохимических изменений структуры минерала не выявлено. В образцах МПЛi, МПNa и МПК наблюдается снижение величины отражений, характерных для кварца. Данный факт объясняется тем, что в процессе обработки глинистого материала растворами соли щелочных металлов происходит дополнительное обогащение системы при последующей отмывке продукта.

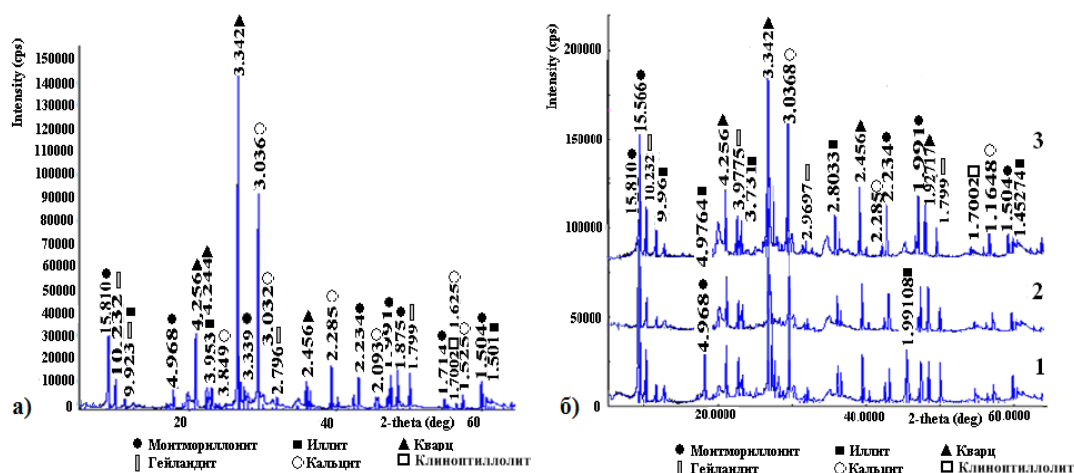


Рис. 1. Рентгеновские порошковые дифрактограммы, $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$: а) МПО; б) 1 – МРLi, 2 – МРNa, 3 – МРК

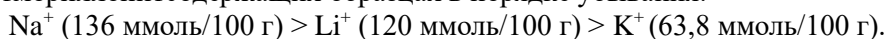
Химический состав эталонных и модифицированных образцов представлен в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав исследованных глинистых образцов

Образцы	Оксидный состав, масс. %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	Li_2O
МРН	53,2	14,2	6,5	0,9	2,4	19,1	2,5	0,4	-
МПО	50,0	21,6	7,8	1,1	2,9	15,0	3,5	-	-
МРLi	46,0	22,6	7,2	0,8	2,7	14,8	3,3	-	1,8
МРNa	45,8	21,6	7,3	1,0	3,1	15,2	3,7	4,2	-
МРК	46,9	22,5	6,6	1,6	2,7	15,0	6,5	-	-

Как видно из данных таблицы, в результате обработки глинистой матрицы соответствующими растворами солей отмечается изменение оксидного состава. Содержание Li_2O и Na_2O соответствует 1,8 и 4,2 %, а количество K_2O увеличивается примерно на 3,0 % по сравнению с исходным обогащенным образцом глины. Таким образом, увеличение усредненной массы оксидов в соответствующих формах в пересчете на 100 г твердофазного материала составило: K_2O – 3,0 г, Na_2O – 4,2 г, Li_2O – 1,8 г. Следовательно, обменная способность катионов в модифицированных монтмориллонитсодержащих образцах в порядке убывания:



Согласно литературным данным [16, 17], особенностью глинистых минералов является химическая и энергетическая неоднородность поверхности, обусловленная наличием структурных дефектов и функциональных групп различного состава,

которые могут выполнять роль активных центров при адсорбции и каталитических реакциях. В качестве активных центров монтмориллонита могут выступать как поверхностные и объемные гидроксильные группы, так и кислород тетраэдрической сетки [17–19]. Ряд активных центров образующихся при расколе минералов в природных условиях, располагается на боковых гранях. Кислотные свойства могут проявлять поверхностные силанольные группы и координационно связанные молекулы воды на гранях частиц [16, 18–22]. Для исследуемых образцов распределение содержания поверхностных активных центров в зависимости от pK_a^x индикатора представлено на рисунке 2.

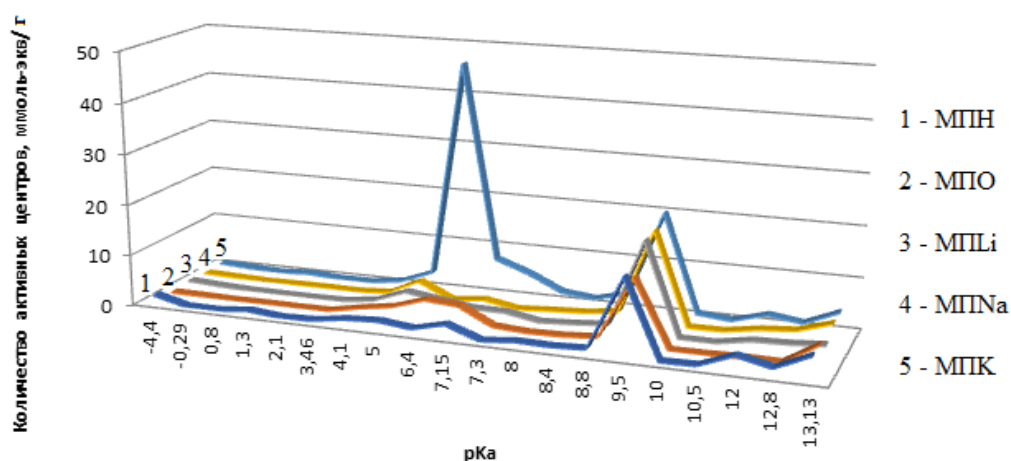


Рис. 2. Распределение активных центров на поверхности исследуемых образцов.

Как видно из рисунка 2, для исследованных материалов имеет место широкий диапазон распределения поверхностных кислотно-основных центров со значениями pK_a , от $-4,4$ до $+13,13$. Во всех образцах преобладают бренстендовские основные центры с $pK_a +8$; $+9,5$ и $+13,13$, а также наблюдаются льюисовские основные с $pK_a -4,4$ и бренстендовские кислоты с $pK_a +4,1$ и $+5$. Присутствие кислотных и основных центров можно объяснить наличием катионов-компенсаторов Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , располагающимися между структурными слоями и составляющими вместе с молекулами воды межслоевой комплекс монтмориллонита. Значению $pK_a = +7$ отвечают центры нейтрального характера.

В процессе обогащения глины происходит возрастание доли кислотно-основных центров в областях $pK_a +4,1$; $+5$; $+6,4$; $+7,15$, $+7,3$, $+13,13$, что связано с обогащением активных центров кристаллической поверхности.

При солевом модифицировании глин наблюдается сохранение активных центров в областях значений pK_a , присущих обогащенной глине, так как воздействие солевыми растворами на образец МПО не является агрессивной обработкой, а направлено лишь на насыщение определенными катионами структуры минерала. Стоит отметить, что количество активных центров у образца МПК, соответствующих

показателю кислотности $pK_a = +6,4$ значительно выше, по сравнению с остальными активированными образцами и составляет 46,19 ммоль-экв/г.

Сравнительная характеристика кислотно-основных свойств исходных и модифицированных образцов глины представлена в таблице 3.

Таблица 3

Соотношение активных центров кислотного и основного характера на поверхности исследованных материалов

Наименование	Суммарное количество активных центров, ммоль-экв/г	Суммарное количество кислотных центров, ммоль-экв/г	Суммарное количество основных центров, ммоль-экв/г	Соотношение основных и кислотных центров
МПН	0,8	0,16	0,64	4,0
МПО	0,7	0,19	0,51	2,7
МПLi	0,8	0,16	0,64	4,0
МПNa	0,9	0,11	0,79	7,2
МПК	2,0	1,33	0,67	0,5

Из представленных данных видно, что для всех исследованных образцов, за исключением МПК, отмечено преобладание активных центров основной природы, причем в большей степени у натриевой формы глины. В результате обогащения в образце МПО доля кислотных центров возросло в 1,2 раза. По нашему мнению это связано с увеличением массовой доли монтмориллонитовой фазы в процессе отмучивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Процесс солевой обработки обогащенной монтмориллонитовой глины месторождения Маслово Пристань приводит к увеличению содержания массовой доли оксидов щелочных металлов как результат ионного обмена межпакетных катионов монтмориллонита (преимущественно Ca^{2+}) на модифицирующие катионы водных растворов солей. При этом принципиальных изменений в фазовом составе активированных материалов не выявлено.
2. Химическое воздействие солевыми растворами, содержащими в качестве катионов-модификаторов ионы лития, натрия и калия, позволяет целенаправленно изменять концентрацию и соотношение кислотно-основных активных центров поверхности монтмориллонитовых материалов в определенных областях значений pK_a .

3. Показано, что наибольшее соотношение основных центров к кислотным наблюдается у образца МПNa, а максимальная концентрация активных центров – у образца МПК.

Список литературы

1. Везенцев А. И. Монтмориллонитовые глины как потенциальный сорбент патогенных веществ и микроорганизмов / А. И. Везенцев, М. А. Трубицын // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2012. – Т. 12, Вып. 6. – С. 998–1004.
2. Ергожин Е. Е. Органоминеральные сорбенты и полуфункциональные системы на основе природного алюмосиликатного и угольно-минерального сырья / Е. Е. Ергожин, А. М. Акимбаева. – Алматы: ТОО Print-S, 2007. – 359 с.
3. Куковский Е. Г. Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов / Е. Г. Куковский. – Киев: Наука Думка, 1996. – 130 с.
4. Арипов Э. А. Активные центры монтмориллонита и хемосорбция / Э. А. Арипов, А. А. Агзамходжаев. – Ташкент: ФАН, 1983. – 164 с.
5. Кляев В. И. Структура адсорбентов и методы ее изучения / В. И. Кляев, Ф. А. Слисаренко // Физико-химическое исследование природных сорбентов и ряда аналитических систем. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та. – 1967. – С. 5–11.
6. Дриц В. А. Глинистые минералы: смектиты, смешанослойные образования / В. А. Дриц, А. Г. Коссовская. – М.: Наука, 1990. – 214 с.
7. Амфлетт Ч. Неорганические иониты / Ч. Амфлетт. – М.: Мир, 1966. – 188 с.
8. Везенцев А. И. Физико-химические характеристики природной и модифицированной глины месторождения Поляна Белгородской области / А. И. Везенцев, С. В. Королькова, Н. А. Воловичева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2008. – Т. 5, Вып. 1. – С. 790–795
9. Везенцев А. И. Сорбционные свойства нативной, обогащенной и активированной глины месторождения Маслова Пристань Белгородской области по отношению к ионам хрома (III) / А. И. Везенцев, С. В. Королькова, Н. А. Воловичева, С. В. Худякова // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2009. – Т. 9, Вып. 6. – С. 830–834
10. Везенцев А. И. Текстуальные характеристики и сорбционные свойства природной и магний-замещенной монтмориллонит содержащей глины / А. И. Везенцев, С. В. Королькова, В. Д. Буханов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2010. – Вып. 11, №9 (80) – С.119–123.
11. Пат. РФ № 2404921 (2010)
12. Пат. РФ № 2471549 (2011)
13. Захарова Н. В. Эволюция донорно-акцепторных центров поверхности сегнетоэлектриков при диспергировании / Н. В. Захарова, М. М. Сычев, В. Г. Корсаков, С. В. Мякин // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2011. – Т.13, №1. – С. 56–62.
14. Королькова С. В. Возможность применения щелочных и щелочно-земельных форм монтмориллонит-иллитовых глин в сорбционной очистке водных сред от ионов тяжелых металлов / С. В. Королькова, А. И. Везенцев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2013. – Вып. 24, №7 (160) – С.121–125.
15. Воловичева Н. А. Сорбция ионов Cu^{2+} и Fe^{3+} монтмориллонит содержащей глиной Масловопристаньского месторождения при индивидуальном и совместном присутствии в водных растворах / Н. А. Воловичева, А. И. Везенцев, С. В. Королькова // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2016. – Вып.37, № 25 (246). – С. 63–69.
16. Golubeva O. Yu. Effect of synthesis conditions on hydrothermal crystallization, textural characteristics and morphology of aluminum-magnesium montmorillonite / O. Yu. Golubeva // Microporous and Mesoporous Materials. – 2016. – Vol. 224. – P. 271–276.
17. Моррисон С. Р. Химическая физика поверхности твердого тела / С. Р. Моррисон – М.: Мир, 1980. – 488 с.
18. Sobgaida N. A. Fiber and carbon materials for removing oil products from effluent / N. A. Sobgaida, L. N. Ol'shanskaya, I. V. Nikitina // Chemical and Petroleum Engineering. – 2008. – Vol. 44. – P. 41–44.

19. Тарасевич Ю. И. Исследование природы активных центров на поверхности слоистых силикатов / Ю. И. Тарасевич, Ф. Д. Овчаренко // Адсорбенты, их получение, свойства и применение. – Л.: Наука. – 1978. – С. 138–141.
20. Танабе К. Твердые кислоты и основания / К. Танабе. – М.: Мир, 1973. – 156 с.
21. Васильев Н. Г. Химия поверхности кислых форм природных слоистых силикатов / Н. Г. Васильев, Ф. Д. Овчаренко // Успехи химии. – 1977. – Т. 46, Вып. 8. – С. 1488–1511.
22. Васильев Н. Г. Активные центры поверхности слоистых силикатов / Н. Г. Васильев, В. В. Гончарук // Синтез и физико-химические свойства неорганических и углеродных сорбентов. – Киев: Наукова думка, 1986. – С. 58–72.

STUDY OF ACID-BASIC PROPERTIES OF MONTMORILLONITE MINERALS OF THE BELGOROD REGION, MODIFIED WITH CATIONS Li^+ , Na^+ , K^+

Trubitsin M. A., Korolkova S. V., Volovicheva N. A., Furda L. V.

*Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia
E-mail: trubitsin@bsu.edu.ru*

By adsorption of monobasic indicators on surface of solid-phase substances from aqueous medium acid-basic properties of native, enriched and modified cations Li^+ , Na^+ and K^+ montmorillonite-containing clay of Belgorod region of Maslova Pristan deposit are investigated in the actual work. Curves of distribution of active centers on surface of clay particles are constructed. It is shown that the wide range of distribution of the superficial acid and main centers in the range of values the pK_a , from -4.4 to +13.13 is characteristic of the studied materials. All samples are dominated by Brenstendian main centers with pK_a +8; +9.5 and +13.13 and also the Lewis main are observed with the pK_a - 4.4 and Brenstendian acids with the pK_a +4.1 and +5. The nature of change of concentration and ratio of active centers of different nature in montmorillonite minerals is revealed as a result of modification with cations Li^+ , Na^+ and K^+ . It is shown that during the clay enrichment the proportion of acid-basic centers in pKa areas increases +4.1; +5; +6.4; +7.15, +7.3, +13.13. Chemical influence by the salt solutions containing ions of lithium, sodium and potassium in quality of cations modifiers the montmorillonit of materials in certain areas of values a pK_a allows to change purposefully concentration and a ratio of the acid and main active centers of a surface. It has been found that the maximum number of basic centers 0.79 mmol-eq/g is observed in a sample modified with sodium cations and the maximum concentration of active centers is observed in a sample modified with potassium cations.

Keywords: montmorillonite, ion exchange, modification, active centers.

References

1. Vesentsev A. I., Trubitsin M. A. Montmorillonite clays as a potential sorbent of pathogens and microorganisms, *Sorption and chromatographic processes*, **12** (6), 998, (2012). (in Russ.).
2. Ergozhin E. E., Akimbayeva A. M. *Organomineral sorbents and semi-functional systems based on a natural aluminosilicate and coal-mineral raw materials*, 359 p. (Print-S Ltd, Almaty, 2007). (in Russ.).

3. Kukovsky E. G., *Peculiarities of structure and physicochemical properties of clay minerals*, 130 p. (Naukova Dumka, Kiev, 1996). (in Russ.).
4. Aripov E. A., Agzamkhojayev A. A. *Active centers of montmorillonite and chemisorption*, 164 p. (FAN, Tashkent, 1983). (in Russ.).
5. Klyayev V. I., Slisarenko F. A. Structure of Adsorbents and Methods of its Study. *Physical and Chemical Study of Natural Sorbents and a Number of Analytical Systems*, (Saratov University Publishing House, Saratov, 1967), 5 p. (in Russ.).
6. Dritz V. A., Kossovskaya A. G. *Clay minerals: smectites, mixed-layer formations*, 214 p. (Science, Moscow, 1990). (in Russ.).
7. Amphlett C. *Inorganic ionites*, 188p. (Russ ed., MIR, Moscow, 1966). (in Russ.)
8. Vesentsev A. I., Korolkova S. V., Volovicheva N. A. Physical and chemical characteristics of natural and modified clay of the field Polyana of the Belgorod region, *Sorption and chromatographic processes*, **5** (1), 790 (2008). (in Russ.).
9. Vesentsev A. I., Korolkova S. V., Volovicheva N. A., Khudyakova S. V. Sorption properties of the native, enriched and activated clay of the field of Maslova Pristan of the Belgorod region in relation to ions Chrome (III), *Sorption and chromatographic processes*, **9** (6), 830 (2009). (in Russ.)
10. Vesentsev A. I., Korolkova S. V., Bukhanov V. D. Textural characteristics and sorption properties of natural and magnesium-substituted montmorillonite containing clays, *Scientific statements of the Belgorod State University. Series: Natural Science*, **9** (80) (11), 119 (2010). (in Russ.)
11. Patent RF, no 2404921 (2010)
12. Patent RF, no 2471549 (2011)
13. Zakharova N. V., Sychev M. M., Korsakov V. G., Myakin S. V. Evolution of donor-acceptor centers of surface of ferroelectrics at dispersion, *Condensed media and interfacial boundaries*, **13** (1), 56 (2011). (in Russ.)
14. Korolkova S. V., Vesentsev A. I. Possibility of alkaline and alkaline-earth forms using of montmorillonite-illite clays in sorption purification of water media from ions of heavy metals, *Scientific statements of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences*, **7** (160) (24), 121 (2013). (in Russ.)
15. Volovicheva N. A., Vesentsev A. I., Korolkova S. V. Sorption of Cu^{2+} ions and Fe^{3+} montmorillonite containing the clay of Maslova Pristan deposit at individual and joint presence in aqueous solutions, *Scientific records. Series: Natural sciences*, **25** (246) (37), 63 (2016). (in Russ.)
16. Golubeva O. Yu. Effect of synthesis conditions on hydrothermal crystallization, textural characteristics and morphology of aluminum-magnesium montmorillonite, *Microporous and Mesoporous Materials*, **224**, 271 (2016).
17. Morrison S. R. *Chemical physics of a surface of a solid body*, 488 p. (WORLD, Moscow, 1980). (in Russ.).
18. Sobgaida N. A., Ol'shanskaya L. N., Nikitina I. V. Fiber and carbon materials for removing oil products from effluent, *Chemical and Petroleum Engineering*, **44**, 41 (2008).
19. Tarasevich Y. I., Ovcharenko F. D. Research of the nature of active centers on the surface of layered silicates, *Adsorbents, their preparation, properties and application*, 138 p. (Science, Leningrad, 1978). (in Russ.).
20. Tanabe K. *Solid acids and bases*, 156 p. (Mir, Moscow, 1973). (in Russ.).
21. Vasilyev N. G., Ovcharenko F. D. Surface Chemistry of Acidic Forms of Natural Layered Silicates, *Success of Chemistry*, **46** (8), 1488 (1977). (in Russ.).
22. Vasilyev N. G., Goncharuk V. V. Active surface centers of layered silicates, *Synthesis and physicochemical properties of inorganic and carbon sorbents*, (Naukova Dumka, Kiev, 1986), 58 p. (in Russ.).

УДК 547.917 + 542.97

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОТ ЛЬЮИСА В ПОЛУЧЕНИИ ГЕПТИЛ-2-АЦЕТАМИДО-3,4,6-ТРИ-О-АЦЕТИЛ-2-ДЕЗОКСИ- α -D- ГЛЮКОПИРАНОЗИДА РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Цикалова В. Н., Наумкина Т. Ю., Сабалаева Х. А.

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

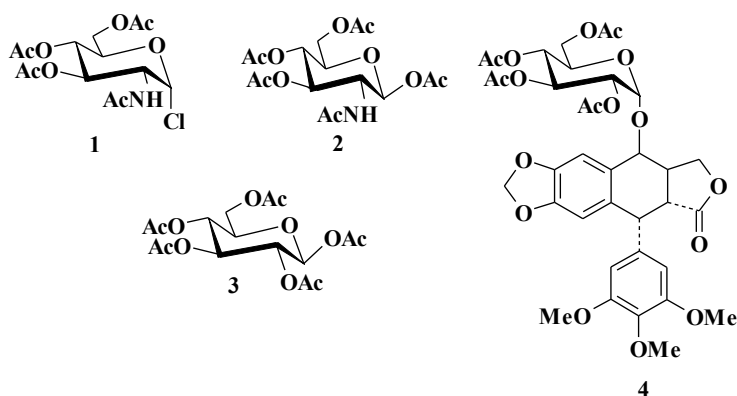
Проведено экспериментальное сравнение синтеза перацетата α -гептил-*N*-ацетил-D-глюкозамина в присутствии кислот Льюиса в различных условиях. На основании гликозил-донора перацетата α -D-глюкозаминилхлорида были использованы два различных подхода: получение гликозида в присутствии кислот Льюиса (HgI₂ и ZnCl₂) в условиях кипения растворителя нитрометана и реакцией гликозилирования в присутствии промотора ZnCl₂ и «сопромоторов» TlCl, Bi₄NBt в дихлорметане при комнатной температуре. Гликозилирование пентаацетата D-глюкозамина гептан-1-олом было проведено в условиях сплавления на магнитной мешалке с нагревом и в микроволновом реакторе «Mopowave 200» без растворителя в присутствии катализатора ZnCl₂ при температуре 150° С.

Ключевые слова: α -гликозиды *N*-ацетилглюкозамина, кислота Льюиса, промотор, сопромотор, микроволновой синтез.

ВВЕДЕНИЕ

Из современных методов синтеза алкил- и циклоалкил-1,2-*цис*-гликозидной связи можно выделить несколько подходов. Во-первых, реакция аномеризации в условиях кипения растворителя, например дихлорэтана, нитрометана или ацетонитрила и в присутствии кислот Льюиса, в частности, иодида ртути(II) или эфирата трифторида бора. Такое гликозилирование проводят на легкодоступных гликозил-донорах, к которым относятся как нейтральные, так и аминоксахара и их производные **1-3** [1–3]. Хотя в большинстве случаев аномеризация отмечается при повышении температуры, однако, на примере гликозилирования эпиподофиллотоксина, реакция проходила при комнатной температуре в присутствии 3-х кратного избытка эфирата трифторида бора с образованием продукта **4** [4].

Во-вторых, удобным и недорогим методом получения 1,2-*цис*-гликозидов является использование каталитической системы промоторов и «сопромоторов» для совместного применения в синтезах. В качестве промоторов используют различные кислоты Льюиса, а «сопромоторов» – галогенсодержащие соли различной природы, например TlCl, KCl совместно с 18-краунэфиром-6, (CH₃)₃SiCl и различные аммонийные соли в сухом дихлорметане при комнатной температуре и в условиях кипения растворителя [5, 6].



Третьим подходом стало использование метода сплавления гликозил-донора и гликозил-акцептора в присутствии кислот Льюиса без растворителя. Такой метод очень широко используется для синтеза арилгликозидов на основании фенолов [7]. Однако с недавних пор сплавление в микроволновом реакторе нашло применение в этой области углеводного синтеза на основе спиртов. В работе [8] смесь перацетата глюкозы, жирного спирта и хлорида цинка облучали микроволнами в отсутствие растворителя. Температура реакции составляла 115°C и уровень облучения ниже 60 Вт, чтобы избежать разложения сахара. В этих условиях гликозилирование было эффективным и дало очень хорошие выходы гликозидов за небольшие промежутки времени для всех спиртов. Однако для аминсахаров подобные работы не проводились.

Целью данной работы явилось экспериментальное сравнение трех подходов, а именно метода аномеризации на основании гликозил-донора перацетата α -D-глюкозаминилхлорида с использованием кислот Льюиса HgI_2 и ZnCl_2 в условиях кипения нитрометана (1); гликозилирования в присутствии каталитической системы промотор–«сопромотор» в дихлорметане при комнатной температуре (2) и сплавления пентацетата D-глюкозамина с гептан-1-олом на магнитной мешалке с нагревом MAG-KGerhardt и в микроволновом реакторе «Monowave 200» в присутствии катализатора ZnCl_2 (3) на модельной реакции получения перацетата α -гептил-N-ацетил-D-глюкозамина.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы: гептан-1-ол, иодид ртути(II), хлорид цинка, бромид тетрабутиламмония, тритилхлорид, 2-ацетамидо-3,4,6-три-O-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозилхлорид [9], 2-ацетамидо-1,3,4,6-тетра-O-ацетил-2-дезоксид- β -D-глюкопиранозид [10].

Анализ состава реакционных смесей, чистоты синтезированных соединений, а также контроль хода реакций осуществляли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках Kieselgel 60-F254 (Merck) в системе растворителей бензол–пропан-2-ол, 10:1 (А). Вещества обнаруживали визуальным способом по люминесценции в УФ

(254 нм), и 5 % раствором серной кислоты в этаноле с последующим нагреванием хроматограмм до 200–300 °С.

Колоночную хроматографию (КХ) проводили стандартно на силикагеле Merck 240–400 меш. Использовали колонку диаметром 14 мм и массу силикагеля 6,0 г. Смесь для разделения смешивали с 1 г силикагеля, упаривали и наносили на колонку сухим способом. Применяли градиентное элюирование: бензол → бензол–пропан-2-ол, 100:1 → 80:1 → 60:1 → 40:1 → 20:1.

Спектр ^1H ЯМР получен на приборе Varian VXR-400 (400 МГц) (Институт живых систем Северо-Кавказского федерального университета, г. Ставрополь), внутренний стандарт – тетраметилсилан, химические сдвиги приведены в δ -шкале. ESI⁺-MS снят на TSQ Quantum Access MAX (Thermo Scientific, Anton Paar).

Для сплавления использовали мешалку с нагревом MAG-K Gerhardt и микроволновой реактор «Monowave 200» (производитель Anton Paar, Австрия), частота магнетрона 2455 МГц.

Метод 1. Получение гептил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид **5** в условиях кипения нитрометана.

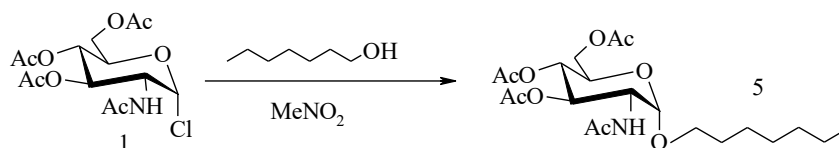


Рис. 1. Схема синтеза перацетата **5** в условиях кипения нитрометана.

Гептил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -D-глюкопиранозид (**5**).

Вариант а. Эквимолярные количества 2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозилхлорида **1** (0,82 ммоль) и гептан-1-ола кипятили в 15 мл нитрометана в присутствии 432 мг (0,95 ммоль) иодида ртути(II). Синтез протекал в течение 2-х часов. После исчезновения гликозил-донора по данным ТСХ, синтез упаривали. Остаток растворяли в 15 мл хлороформа и отмывали органический слой в делительной воронке 2×5 мл насыщенным раствором тиосульфата натрия, а затем водой. Далее органический слой осушали безводным сульфатом натрия и упаривали. Конечное стеклообразное вещество выделяли методом колоночной хроматографии. Выход: 37 %, $[\alpha]_{546}^{+42}$ (с 1,0; хлороформ).

Спектр ЯМР ^1H (400 МГц, CDCl_3 , КССВ J, Гц): 0,91 м.д., т (3H, $\text{CH}_2\text{-CH}_3$), 1,31–1,33 м.д., м (8H, $(\text{CH}_2)_4$), 1,62 м.д., м (2H, CH_2), 1,96 м.д., с; 2,03 м.д., с; 2,04 м.д., с; 2,11 м.д., с (12H, NAc, 3 OAc), 3,44 м.д., дт и 3,68 м.д., дт (2H, O-CHa, O-CHb, J_{CHa} , J_{CHb} 6,8), 3,91 м.д., ддд (1H, H-5, $J_{4,5}$ 10,0, $J_{5,6a}$ 4,8, $J_{5,6b}$ 2,4), 4,10 м.д., дд и 4,24 м.д., дд (2H, H-6a, H-6b, $J_{6b,6a}$ 12,4), 4,35 м.д., ддд (1H, H-2, $J_{2,3}$ 10,4), 4,83 м.д., д (1H, H-1, $J_{1,2}$ 3,6), 5,12 м.д., дд (1H, H-4, $J_{3,4}$ 9,6), 5,22 м.д., дд (1H, H-3), 5,69 м.д., д (1H, NHAc, $J_{2,\text{NH}}$ 8,8). Лит. данные [11].

ESI+-MS m/z 446,35 $[M+H]^+$, рассчитано для $C_{21}H_{35}NO_9H$ 446,58; 468,36 $[M+Na]^+$, рассчитано для $C_{21}H_{35}O_9NNa$ 468,57; 484,33 $[M+K]^+$, рассчитано для $C_{21}H_{34}O_9NK$ 484,67.

Вариант б. Реакция протекала в течение одного часа в присутствии 167 мг (1,23 ммоль) $ZnCl_2$. Вещество **5** выделяли стандартно методом колоночной хроматографии. Выход: 42 %.

Метод 2. Получение гептил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид **5** в присутствии $ZnCl_2$ и «сопромоторов» в дихлорметане при комнатной температуре.

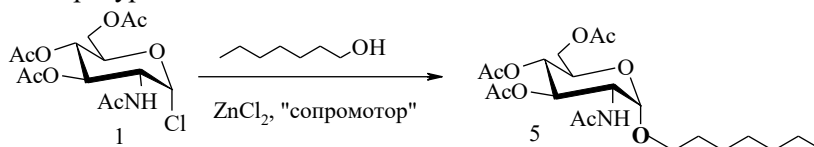


Рис. 2. Схема синтеза перацетата **5** в присутствии $ZnCl_2$ и «сопромоторов» в растворителе дихлорметане при комнатной температуре.

Вариант а. К раствору 300 мг (0,82 ммоль) α -D-глюкопиранозилхлорида **1** в 15 мл сухого дихлорметана, добавили 95 мг (0,82 ммоль) гептан-1-ола, 168 мг (1,23 ммоль) $ZnCl_2$ и 228 мг (0,82 ммоль) тритилхлорида. Реакционная смесь перемешивалась при комнатной температуре в течение 24 часов до исчезновения гликозил-донора (по данным ТСХ). Затем смесь разбавляли 15 мл дихлорметана и отмывали 5 мл воды. Органический слой осушили безводным Na_2SO_4 , отфильтровали и упарили. Гликозид **5** выделяли методом колоночной хроматографии. Выход: 12 %.

Вариант б. Реакция протекала в присутствии 264 мг (0,82 ммоль) бромида тетрабутиламмония. Выход: 32 %.

Метод 3. Синтез перацетатов гептил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид и гептил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид- β -D-глюкопиранозид в условиях сплавления с $ZnCl_2$ на мешалке с нагревом MAG-K Gerhardt и микроволновом реакторе «Monowave 200».

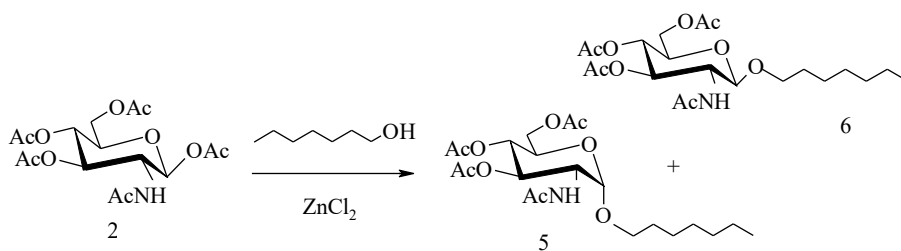


Рис. 3. Схема синтеза гликозида **5** в присутствии $ZnCl_2$ в условиях сплавления.

Вариант а. Смесь, состоящую из 400 мг (1,03 ммоль) 2-ацетида-1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозид **2**, 592 мг (5,15 ммоль) гептан-1-ола; 102 мг (0,75 ммоль) хлорида цинка(II), подвергали сплавлению, без среды растворителя, на магнитной мешалке с нагревом MAG-K Gerhardt. Реакция протекала при температуре 150°C, при перемешивании в течение 50 минут. По окончании синтеза, реакционную смесь растворяли в 20 мл хлороформа, органический слой промывали 20 мл воды, осушивали безводным Na₂SO₄ и упаривали досуха с добавлением в реакционную смесь 1 г силикагеля. Конечные вещества выделяли стандартно методом колоночной хроматографии. Выход соединения **5**: 2 %. Выход соединения **6**: 56 %.

Вариант б. Синтез проводили аналогично в микроволновом реакторе «Mopowave 200» при температуре 150 °C, при перемешивании в течение 50 минут. Выход соединения **5**: 12%, т. пл. = 120–122°C, [α]₅₄₆–15° (с 1,0; хлороформ). Лит. данные [12]: т. пл. = 122–124 °C, [α]₅₄₆–18,9° (с 0,77; хлороформ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На примере синтеза гептил-2-ацетида-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-α-D-глюкопиранозид для сравнения были опробованы три различных подхода. Конечные целевые гликозиды выделяли колоночной хроматографией.

В методе аномеризации с кислотами Льюиса гликозил-донор α-D-глюкопиранозилхлорид **1** смешивали с гептан-1-олом в присутствии 1,16 эквивалента иодида ртути(II) или хлорида цинка. Смесь кипятили в нитрометане до исчезновения гликозил-донора по данным тонкослойной хроматографии. Выход гликозида **5** в случае иодида ртути(II) составил 37 %, в случае хлорида цинка 42 %. Поскольку не выявлено достоверного различия в выходе продукта реакции в зависимости от катализатора, то применение хлорида цинка является предпочтительным из-за меньшей токсичности и лучшей растворимости в реакционной смеси.

Для каталитической системы промотор–«сопромотор» были выбраны пары хлорид цинка–третилхлорид и хлорид цинка–бромид тетрабутиламмония. Гликозил-донор α-D-глюкопиранозилхлорид **1** смешивали с гептан-1-олом и с «сопромотором» в эквимольных количествах, а хлорид цинка брали в полуторакратном избытке. Смесь растворяли в дихлорметане и реакцию проводили при комнатной температуре. Выход α-гептилгликозида **5** в случае использования четвертичной аммониевой соли бромид тетрабутиламмония составил 32 %, а в случае третилхлорида – 12 %. Третилхлорид уступал по эффективности как «сопромотор» четвертичной аммонийной соли. Возможно, он более эффективен для гликозирования других спиртов. В целом, метод аномеризации в условиях кипения растворителя дал более высокие результаты и требовал меньше времени.

Третьим подходом стало использование метода сплавления гликозил-донора и гликозил-акцептора в присутствии кислот Льюиса без среды растворителя при атмосферном давлении на магнитной мешалке с нагревом MAG-K Gerhardt и в герметичном микроволновом реакторе «Mopowave 200». Ранее на модельной реакции

получения перацетата *O*- α -фенилгликозида *N*-ацетил-*D*-глюкозамина в условиях сплавления пентаацетата *D*-глюкозамина с фенолом нами было установлено оптимальное соотношение гликозил-донора к катализатору $ZnCl_2$ как 1:0,75. Наилучший результат был получен для синтезов, проведенных в течение 50 минут и при температуре 150 °С [13, 14]. В данной работе этот подход был опробован для гликозилирования спирта. В качестве гликозил-донора был использован 2-ацетамидо-1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -*D*-глюкопиранозид **2**, в качестве гликозил-акцептора – гептан-1-ол. Гликозил-донор, гликозил-акцептор использовали при соотношении 1:5, смесь нагревали без растворителя в присутствии хлорида цинка на магнитной мешалке с нагревом MAG-K Gerhardt и в микроволновом реакторе «Monowave 200». Соотношение гликозил-донора к катализатору $ZnCl_2$ использовали как 1:0,75, время реакции 50 минут и температуру 150 °С. Конечные вещества выделялись во всех экспериментах стандартно, колоночной хроматографией. Выход *O*- α -гептилгликозида **5** и *O*- β -гептилгликозида **6**, полученных на мешалке с нагревом, составили 2 % и 56 % соответственно. В микроволновом реакторе «Monowave 200» через отведенное время был получен и выделен только *O*- α -гептилгликозид **5**, выход которого составил 12 %. Эти результаты существенно отличаются от выходов *O*- α -арилгликозидов. Очевидно, что в случае гликозилирования спирта времени для аномеризации образующегося гликозида при использовании магнитной мешалки с нагревом было недостаточно в отличие от фенолов. Однако в этих условиях с достаточно высоким выходом получился 1,2-*транс*-гептилгликозид **6**. Этот факт требует дальнейших исследований для оптимизации условий получения β -гликозидной связи в условиях сплавления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из представленных для сравнения методов синтеза гептил-2-ацетамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -*D*-глюкопиранозиды наиболее эффективным оказался метод аномеризации в условиях кипения нитрометана.
2. Применение хлорида цинка в сравнении с иодидом ртути(II) является более предпочтительным для гликозилирования из-за меньшей токсичности и лучшей растворимости при сопоставимых выходах продуктов.
3. При гликозилировании спирта в условиях сплавления на мешалке с нагревом преимущественно получается 1,2-*транс*-гликозид *N*-ацетилглюкозамина в отличие от образования 1,2-*цис*-гликозидов в случае фенолов.

Список литературы

1. Синтез гликозидов 2-ацетамидо-2-дезоксиглюкозы в присутствии HgI_2 / А. Е. Земляков, В. О. Курьянов, Е. А. Сидорова [и др.] // Биоорганическая химия. – 1998. – Т. 24, № 8. – С. 623–630.
2. Синтез и проективное антиинфекционное действие аномеров липофильных гликозидов *N*-ацетилмурамоил-*L*-аланил-*D*-изоглутамина / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, В. В. Цикалов [и др.] // Биоорганическая химия. – 2006. – Т. 32. – № 4. – С. 424–431.
3. Central neural tumor destruction by controlled release of a synthetic glycoside dispersed in a biodegradable polymeric matrix / A. Fernandez-Mayoralas, N. de la Figuera, M. Zurita [et al.] // J. Med. Chem. – Vol. 46 – P. 1286–1288.

4. Kuhn M. Ubereinneues Glykosidierungs ver fahren. Synthese von Epipodophyllotoxin-3-D-glucopyranosi / M. Kuhn und A. von Wartburg // *Helvetica chimica acta*. – 1968. – Vol. 51, № 7. – P. 1632–1636.
5. Preparation of ether-linked 2-Acetamido-2-deoxy β -Glycolipids via zinc chloride promoted coupling of Ac4GleNAc-Cl with lipid hydroxy groups / E. R. Kumar, H.-S. Byun, S. Wang [et al.] // *Tetrahedron Letters*. – 1994. – Vol. 35, № 4. – P. 505–515.
6. Гликозирование перацетатом α -D-глюкозаминилхлорида в присутствии кислот Льюиса / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, С. А. Земляков [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Том 23(62), №2. – С. 225–231.
7. Bernard W. Preparation of 2-acetamido-2-deoxy- α -glycopyranosides / W. Bernard // *J. Org. Chem.* – 1966. – Vol. 31, № 8. – P. 2505–2509.
8. Microwave-assisted synthesis of long-chain alkyl glucopyranosides / N. Ferlin, L. Duchet, J. Kovensky [et al.] // *Carbohydrate Research*. – 2008. – № 343. – P. 2819–2821.
9. Голодников Г. В. Практикум по органическому синтезу: Учебное пособие. / Г. В. Голодников, Т. В. Мандельштам. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1976. – С. 179.
10. Synthesis of P(1)-Citronellyl-P(2)- α -D-пураносил pyrophosphates as potential substrates for the *E. coli* undecaprenyl-pyrophosphoryl-N-acetylglucoseaminyl transferase MurG / P. Cudic, D. C. Behenna, M. K. Yu [et al.] // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* – 2001. – № 11(24). – P. 3107–3110.
11. Синтез α -гликозидов метилового эфира *N*-ацетилмурамоил-L-аланил-D-изоглутамина / А. Е. Земляков, В. О. Курьянов, В. В. Цикалов [и др.] // *Биоорг. химия*. – 1998. – Т. 24, № 6. – С. 449–453.
12. Земляков А. Е. Синтез β -гликозидов *N*-ацетилглюкозамина в присутствии HgI_2 / А. Е. Земляков, В. О. Курьянов, В. Я. Чирва // *Химия природных соединений*. – 1996. – Т. 3. – С. 367–371.
13. Цикалова В. Н. Синтез перацетатов α -О-арилгликозидов *N*-ацетилглюкозамина в условиях сплавления с хлоридом цинка(II) / В. Н. Цикалова, Н. А. Купреева // «Современные векторы устойчивого развития общества: роль химической науки и образования»: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня открытия Периодического закона химических элементов Д. И. Менделеевым / под ред. проф. А. В. Великородова и доц. Э. Ф. Матвеевой. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2019. – С. 11–13.
14. Цикалова В. Н. Исследование влияния хлорида цинка (II) в синтезе перацетата 1, 2-дифенилгликозида *N*-ацетил-D-глюкозамина / В. Н. Цикалова, Н. А. Онищенко // «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского»: сб. тезисов участников, том 2, IV Научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых. – Симферополь: Издатель: Таврическая академия, 2018 – С. 514–515.

USE OF LEWIS ACIDS IN OBTAINING HEPTIL-2-ACETAMIDO-3,4,6-TRI-O-ACETHYL-2-DESOXY- α -D-GLUCOPYRANOSIDE BY VARIOUS METHODS

Tsikalova V. N., Naumkina T. Yu., Sabalaeva H. A.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
E-mail: vika.tim@list.ru

An experimental comparison of the synthesis of α -heptyl-*N*-acetyl-D-glucosamine peracetate in the presence of Lewis acids under three methods was investigated. The first method was the anomerization method in the presence of Lewis acids. Glycosyl donor,

α -D-glucopyranosyl chloride, was mixed with heptan-1-ol in the presence of 1,16 equivalents of mercury (II) iodide or zinc chloride. The mixture was boiled in nitromethane until until extinction the glycosyl donor. The yield of heptil-2-acetamido-3,4,6-tri-O-acethyl-2-desoxy- α -D-glucopyranoside in the case of mercury (II) iodide was 37 %, in the case of zinc chloride 42 %. Further, the use of zinc chloride is predominantly because this salt is of less toxicity and better solubility.

The second method was in the presence of the promoter – copromoter catalyst system. Zinc chloride – trityl chloride and zinc chloride – tetrabutylammonium bromide pairs were selected. The glycoside donor, α -D-glucopyranosyl chloride, was mixed with heptan-1-ol and with the “copromoter” in equimolar amounts, and zinc chloride was taken in one and a half times excess. The mixture was dissolved in dichloromethane. The reaction was carried out at room temperature. The yield of α -heptyl glycoside` in the case of using the quaternary ammonium salt of tetrabutylammonium bromide was 32 %, and in the case of trityl chloride – 12 %. In general, the anomerization method under solvent boiling conditions yielded better results and required less time.

The third approach was the use of the method of fusion of a glycosyl donor and a glycosyl acceptor in the presence of Lewis acids without a solvent medium at atmospheric pressure on a magnetic stirrer with heating MAG-K Gerhardt and in a sealed microwave reactor "Monowave 200". As a glycosyl donor, 2-acetamido-1,3,4,6-tetra-O-acetyl-2-deoxy- β -D-glucopyranoside 2 was used, and heptan-1-ol was used as a glycosyl acceptor. Glycosyl donor, glycosyl acceptor was used at a ratio of 1: 5, the mixture was heated without solvent in the presence of zinc (II) chloride on a magnetic stirrer with heating MAG-K Gerhardt and in a microwave reactor "Monowave 200". The ratio of glycosyl donor to $ZnCl_2$ catalyst was used as 1: 0,75. The reaction time was 50 minutes, and the temperature was 150 °C. The final substances were isolated in all experiments standardly, column chromatography. The yield of O- α -heptylglycoside and O- β -heptylglycoside obtained on a heated stirrer was 2 % and 56 %, respectively. In the microwave reactor, after the allotted time, only O- α -heptylglycoside was obtained and isolated. The yield was 12 %.

The structure of the obtained heptil-2-acetamido-3,4,6-tri-O-acethyl-2-desoxy- α -D-glucopyranoside was confirmed by 1H -NMR spectroscopy. The signals of the carbohydrate fragment and the alkyl fragment of aglycon were identified on the spectrum of this glycoside. A mass spectroscopy method was also used to identification of the same substance. Thus, the molecular weight was confirmed. In the mass spectrum, numerical values m/z of peaks of cluster ions $[M + H]^+$, $[M + Na]^+$ and $[M + K]^+$ amounted respectively 446,35; 468,36; 484,33. These data determine the molecular weight of the substance as 445 atomic mass units and correspond to the gross formula of the synthesized compound.

Keywords: α -glycosides of *N*-acetylglucosamine, Lewis acid, fusion, microwave synthesis.

References

1. Zemlyakov A. E., Kuryanov V. O., Sidorova E. A., Chirva V. Y. Synthesis of glycosides of 2-acetamido-2-deoxyglucose in the presence of HgI₂, *Bioorgan. chemistry*, **24(8)**, 623, (1998). (in Russ.)
2. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., Chirva V. Ya., Mulik E. L., Kalyuzhin O. V. Synthesis and protective anti-infectious action of *N*-Acetylmuramoil-L-alanyl-D-isoglutamine lipophilic glycosides anomers, *Bioorgan. chemistry*, **32(4)**, 424, (2006). (in Russ.)
3. Fernandez-Mayoralas A., de la Figuera N., Zurita M., Vaguero J., Abraham G. A., Roman J. S., Nieto-Sampedro M. Central neural tumor destruction by controlled release of a synthetic glycoside dispersed in a biodegradable polymeric matrix, *J. Med. Chem.*, **46**, 1286, (2003).
4. Kuhn R., Kirschenlohr W. β -Glucoside des *N*-Acetyl-D-glycosamins, *Chem. Ber.*, **86(10)**, 1331, (1953).
5. Kumar E., Byun H., Wang S., and Bittman R. Preparation of Ether-linked 2-Acetamido-2-deoxy β -Glycolipids via Zinc Chloride Promoted Coupling of Ac₄GlcNAc-Cl with Lipid Hydroxy Groups, *Tetrahedron Letters*, **35(4)**, 505, (1994).
6. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Zemlyakov S. A., Chirva V. Ya. Glycosylation of α -D-glucosaminyl chloride with peracetate in the presence of Lewis acids, *Scientific notes of Taurida National University named after V. I. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry"*, **23(62(2))**, 225, (2010). (in Russ.)
7. Bernard W. Preparation of 2-acetamido-2-deoxy- α -glycopyranosides, *J. Org. Chem.*, **31(8)**, 2505, (1966).
8. Ferlin N., Duchet L., Kovensky J., Grand E. Microwave-assisted synthesis of long-chain alkyl glycopyranosides, *Carbohydrate Research*, **343**, 2819, (2008).
9. Golodnikov G. V., Mandelstam T. V. *Workshop on organic synthesis*. Leningrad: Publishing House of the Leningrad University. (1976) (in Russ.)
10. Cudic P., Behenna D. C., Yu M. K., Kruger R. G., Szwczuk L. M., McCafferty D. G. Synthesis of P(1)-Citronellyl-P(2)- α -D-pyranosyl pyrophosphates as potential substrates for the *E. coli* undecaprenyl-pyrophosphoryl-*N*-acetylglucosaminyl transferase MurG, *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, **11(24)**, 3107, (2001).
11. Zemlyakov A. E., Kuryanov V. O., Tsikalov V. V., Chirva V. Ya. Synthesis of α -glycosides of methyl ester of *N*-acetylmuramoil-L-alanyl-D-isoglutamine, *Bioorg. chemistry*, **24(6)**, 449, (1998). (in Russ.)
12. Zemlyakov A. E., Kuryanov V. O., Chirva V. Ya. Synthesis of β -glycosides of *N*-acetylglucosamine in the presence of HgI₂, *Chemistry of Natural Compounds*, **3**, 367, (1996). (in Russ.)
13. Tsikalova V. N., Kupreyeva N. A. Synthesis of α -*O*-arylglycoside *N*-acetylglucosamine Peracetates under the Conditions of Fusion with Zinc (II) Chloride. Proceedings of the 1st All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation dedicated to the 150th anniversary of the opening of the Periodic Law of Chemical Elements by D. I. Mendeleev, 2019 (Russia, Astrakhan, March 27, 2019) (eds. A. V. Velikorodov and E. F. Matveeva), Astrakhan (Publisher: House Astrakhan University, 2019) pp. 11–13.
14. Tsikalova V. N., Onishchenko N. A. Study of the influence of zinc(II) chloride in the synthesis of 1,2-cis-phenylglycoside *N*-acetyl-D-glucosamine peracetate. Proceedings of the IV Scientific and Practical Conference of the faculty, graduate students, students and young scientists «Days of Science of KFU named after V. I. Vernadsky», vol. 2, 2018 (Russia, Simferopol, October 12–17, 2018), (Simferopol, Publisher: Tauride Academy, 2018), pp. 514–515.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Антонов Александр Яковлевич** Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, старший преподаватель кафедры физической культуры, e-mail: arz.tv@mail.ru
- Аскеров Айдын Мусса** Институт Генетических ресурсов НАН Азербайджана, доктор биологических наук, научный руководитель. зав. отделом Экоботаники и систематики, e-mail: askerov1@mail.ru
- Белоус Оксана Геннадьевна** ФГБНУ ВНИИЦиСК, доктор биологических наук, доцент, зав. лабораторией физиологии и биохимии растений; e-mail: oksana191962@mail.ru
- Бирюкова Елена Александровна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Большчевский Станислав Евгеньевич** Оренбургский государственный медицинский университет, ассистент кафедры нормальной физиологии, e-mail: singlsb@gmail.com
- Брук Татьяна Михайловна** Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, доктор биологических наук, профессор, зав.кафедрой биологических дисциплин
- Вахрушева Людмила Павловна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий факультета биологии и химии, e-mail: vakhl@inbox.ru
- Воловичева Наталья Александровна** Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кандидат технических наук, доцент кафедры русского языка, профессионально-речевой и межкультурной коммуникации, e-mail: natalivolovicheva84@gmail.com
- Вохминцев Андрей Петрович** Тюменский государственный медицинский университет, старший преподаватель кафедры медицинской информатики и биологической физики с сетевой секцией биоэтики ЮНЕСКО, e-mail: 646224@mail.ru
- Гришина Татьяна Владимировна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр кафедры физиологии человека и животных и биофизики

Данг Хунг Кыонг	ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, кафедра экологии и природопользования, Совместный Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр, Институт тропической экологии, Вьетнам, аспирант, магистр экологии
Джелдубаева Эльвиза Рашидовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Дягилева Юлия Олеговна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии и психофизиологии
Евсеева Анна Александровна	ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», доцент кафедры ботаники, микробиологии и экологии, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: annahabarova@yandex.ru
Егорова Наталья Юрьевна	Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологии и ресурсоведения растений, e-mail: n_chirkova@mail.ru
Жиженина Лилия Михайловна	Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, географии и химии, e-mail: statueva@mail.ru
Залевская Ирина Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой биохимии, e-mail: inz3@mail.ru
Захаров Дмитрий Николаевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», обучающийся факультета физической культуры и спорта
Зинченко Евгений Анатольевич	Оренбургский государственный медицинский университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной физиологии

Ивахненко Анна Сергеевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», факультет биологии и химии, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологий, бакалавр 3 курса очной формы обучения
Исупов Игорь Борисович	Волгоградский государственный университет, доктор медицинских наук, профессор кафедры биологии, e-mail: igor.isupov.66@outlook.com
Кириченко Евгения Юрьевна	ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, ведущий научный сотрудник лаборатории функциональной геномики и морфологии, e-mail: kiriche.evgeniya@yandex.ru
Кирко Владимир Игоревич	ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева», профессор, доктор физико-математических наук, начальник научно-исследовательского отдела, e-mail: director.nifti@mail.ru
Коба Владимир Петрович	ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией лесоведения, e-mail: kobavp@mail.ru.
Кобечинская Валентина Григорьевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: valekohome@mail.ru
Колесников Сергей Ильич	ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, кафедра экологии и природопользования, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой
Колотилова Оксана Ивановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Королькова Светлана Викторовна	Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кандидат технических наук, доцент кафедры русского языка, профессионально-речевой и межкультурной коммуникации, e-mail: korolkova@bsu.edu.ru
Косорыгина Кристина Юрьевна	Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биологических дисциплин

Кунина Виктория Алексеевна	ФГБНУ ВНИИЦиСК, младший научный сотрудник опытно-технологического отдела, e-mail: gyndina.v@mail.ru
Лисова Надежда Александровна	ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева», старший преподаватель кафедры специальной психологии, e-mail: nadia.krs@yandex.ru
Литвин Федор Борисович	Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, доктор биологических наук, профессор кафедры биологических дисциплин
Логвинов Александр Константинович	ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, научный сотрудник, лаборатория функциональной геномики и морфологии, e-mail: a.k.logvinov@yandex.ru
Лосев Алексей Сергеевич	Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, старший преподаватель кафедры физической культуры, e-mail: 040983kfc@mail.ru
Лукьянова Анна Александровна	ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева, профессор, доктор экономических наук, проректор по образовательной деятельности, e-mail: lukyanova_aa@sibsau.ru
Маммедярова Кямаля Айдын	Институт Генетических ресурсов НАН Азербайджана, научный сотрудник отдела Экоботаники и систематики, e-mail: kamila.suad@mail.ru
Махонин Максим Юрьевич	Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, преподаватель кафедры физической культуры, e-mail: maksimka555777@rambler.ru
Мельникова Екатерина Дмитриевна	Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры медицинской и фармацевтической химии
Минникова Татьяна Владимировна	ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, кафедра экологии и природопользования, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник
Миронюк Ирина Сергеевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики

Мирошниченко Игорь Васильевич	Оренбургский государственный медицинский университет, доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии
Михайлова Светлана Владимировна	Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, кандидат биологических наук доцент кафедры физической культуры, e-mail: fatinia_m@mail.ru
Муртазаева Динара Наримановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», обучающаяся 4-го курса бакалавриата направления подготовки 04.03.01 Химия
Нагаева Елена Ивановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Наумкина Татьяна Юрьевна	Симферопольский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Информационный центр по экспертизе, учету и анализу обращения средств медицинского применения» Росздравнадзора, лаборант
Нго Чунг Зунг	Совместный Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр, Институт тропической экологии, магистр географии
Нгуен Данг Хой	Совместный Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр, Институт тропической экологии, директор, доцент, кандидат географических наук
Осипова Наталья Владимировна	Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологических дисциплин
Павшенко Дарья Андреевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», обучающаяся 1 курса, магистр кафедры ботаники и физиологии и биотехнологий
Петришина Наталья Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии и биотехнологий

Полякова Татьяна Александровна	Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры, e-mail: tapolyakova@bk.ru
Просьянникова Ирина Борисовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Прыгунова Ирина Леонидовна	Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и природопользования, e-mail: irina_prygunova@mail.ru
Пышкин Владимир Борисович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и зоологии, Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, доцент кафедры геоэкологии и природопользования, e-mail: vpbiscrim@mail.ru
Раваева Марина Юрьевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Руднева Ирина Ивановна	«Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, e-mail: svg-41@mail.ru
Сабалаева Хатидже Ахметовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», факультет биологии и химии, обучающаяся 4 курса по направлению подготовки 04.03.01 Химия
Сайдахмедова Нияра Насибовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», обучающаяся 1-го курса магистратуры направления подготовки 04.04.01 Химия
Сарнит Елена Александровна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры общей и физической химии, e-mail: easarnit@mail.ru
Сахно Татьяна Михайловна	ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», младший научный сотрудник лаборатории лесоведения, e-mail: sahno_tanya@mail.ru

- Себрякова
Галина Александровна** Волгоградский государственный технический университет, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный университет, профессор кафедры биологии, e-mail: sevrykova2012@yandex.ru
- Селюков
Александр Германович** Институт биологии Тюменского госуниверситета, доктор биологических наук, доцент, профессор, e-mail: ags-bios@yandex.ru
- Сидорова
Татьяна
Владиславовна** Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой физической культуры, e-mail: arz.tv@mail.ru
- Симонова
Ольга Ивановна** Горно-Алтайский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: soi1777@mail.ru
- Соловьёва
Ольга Викторовна** ФГБУН Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела морской санитарной гидробиологии, e-mail: kozl_ya_oly@mail.ru
- Соловьева
Светлана
Владимировна** Тюменский государственный медицинский университет, доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой биологии, e-mail: svsolov@mail.ru
- Судьина
Людмила
Владимировна** ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, кафедра экологии и природопользования, аспирант
- Сулейманова
Венера Нуритдиновна** Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологии и ресурсоведения растений, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: venera_su@mail.ru
- Съёмова
Светлана Геннадьевна** Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Арзамасский филиал, старший преподаватель кафедры физической культуры, e-mail: sveta_dem1976@mail.ru
- Терехов
Павел Александрович** Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биологических дисциплин

Ткач Евгений Сергеевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», обучающийся факультета физической культуры и спорта
Трубицын Михаил Александрович	Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры общей химии, e-mail: troubitsin@bsu.edu.ru
Ульчицкая Валентина Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», бакалавр заочной формы обучения кафедры экологии и зоологии, e-mail: vulchizkaya@mail.ru
Филиппова Светлана Юрьевна	ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, научный сотрудник лаборатории функциональной геномики и морфологии, e-mail: filsv@yandex.ru
Фурда Любовь Владимировна	Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии, e-mail: furda@bsu.edu.ru
Хвастунова Ирина Владимировна	Волгоградский государственный медицинский университет, кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии, e-mail: hva64@yandex.ru
Хромов Александр Фёдорович	ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоведения, e-mail: hromov_af@mail.ru
Хусаинов Денис Рашидович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики. ГБПОУ «Крымское среднее профессиональное училище (техникум) олимпийского резерва», преподаватель, e-mail: gangliu@yandex.ru
Цепина Наталья Игоревна	ФГБОУ АО «Южный федеральный университет», Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, кафедра экологии и природопользования, аспирант
Цикалова Виктория Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры органической и биологической химии

- Черетаев
Игорь Владимирович** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: cheretaev86@yandex.ru
- Чуян
Елена Николаевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Щерба
Антон Викторович** ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, научный сотрудник, e-mail: antonscherba95@gmail.com
- Ярмолюк
Наталья Сергеевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
- Ярыш
Виталий Леонидович** Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, e-mail: galina.yarish65@gmail.com
- Ярыш
Галина Евгеньевна** Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ, лаборант, e-mail: galina.yarish65@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Большачевский С. Е., Зинченко Е. А., Мирошниченко И. В.

ЭФФЕКТ ПРЕНАТАЛЬНОГО ПАССИВНОГО КУРЕНИЯ НА ХОЛИНЕРГИЧЕСКИЕ
МЕХАНИЗМЫ МОДУЛИРОВАНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОГО РИТМА У
НОВОРОЖДЕННЫХ КРЫС (IN VITRO) 3

Вахрушева Л. П., Петришина Н. Н., Павшенко Д. А.

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ И АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
EUPHORBIA PARALIAS L. НА ПСАММОФИТНОМ МЕСТООБИТАНИИ ЮГА
КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....13

Вохминцев А. П., Соловьева С. В.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ НА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ И
РЕГУЛЯТОРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЖИТЕЛЕЙ ХМАО-ЮГРЫ С ДИАГНОЗОМ
АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ 1 СТЕПЕНИ.....33

Евсеева А. А.

ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТРАВЯНИСТОГО ЯРУСА
ПАРЦИАЛЬНЫХ ФЛОР ОСТАТОЧНЫХ ГОРОДСКИХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ
КАЛУГИ И ОБНИНСКА46

Залевская И. Н., Руднева И. И., Селюков А. Г., Щерба А. В.

ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА И
СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ПЕЧЕНИ МОРСКОГО ЕРША
SCORPAENA PORCUS L. (*SCORPAENIDAE*) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ
БОЛЬШОГО КАВКАЗА.....64

Коба В. П., Хромов А. Ф., Сахно Т. М.

СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS*
PALLASIANA D. DON НИЖНЕГО ПОЯСА ЮЖНОГО МАКРОСКЛОНА ГЛАВНОЙ
ГРЯДЫ КРЫМСКИХ ГОР75

Кобечинская В. Г., Пышкин В. Б., Ульчицкая В. Н.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВ ПОД ВИНОГРАДНИКАМИ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ
УДОБРЕНИЙ И ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ В СТЕПНОМ КРЫМУ85

Колотилова О. И., Ярмолук Н. С.

ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У СПОРТСМЕНОВ,
ТРЕНИРУЮЩИХСЯ ПО СИСТЕМЕ «КРОССФИТ».....99

Кунина В. А., Белоус О. Г.

СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ
РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ108

Лисова Н. А., Лукьянова А. А., Курко В. И.

ЭФФЕКТИВНАЯ АДАПТАЦИЯ К СТРЕССОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ: РОЛЬ
АКТИВАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ И ТИПОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕРВНОЙ
СИСТЕМЫ119

Литвин Ф. Б., Брук Т. М., Осипова Н. В., Терехов П. А., Косорыгина К. Ю. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ФУТБОЛИСТОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА.....	129
Маммедярова К. А., Аскеров А. М. ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕМЯН ВИДОВ РОДА <i>TRIFOLIUM</i> L. ФЛОРЫ ЮЖНОГО КАВКАЗА (АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА, ТАЛЫШ) НА ЭЛЕКТРОННОМ МИКРОСКОПЕ (СЭМ) И ИХ ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ	138
Михайлова С. В., Сидорова Т. В., Полякова Т. А., Жиженина Л. М., Съемова С. Г., Лосев А. С., Антонов А. Я., Махонин М. Ю. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ	149
Нгуен Данг Хой, Данг Хунг Кыонг, Колесников С. И., Нго Чунг Зунг, Минникова Т. В. РАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЛЕСА ПО ВЫСОТЕ ГОРНОГО ХРЕБТА НГОК ЛИНЬ, ПРОВИНЦИЯ КОН ТУМ, ВЬЕТНАМ.....	165
Присянникова И. Б., Ивахненко А. С. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ФИТОТРОФНЫХ ОБЛИГАТНО- ПАЗАРИТНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «НАУЧНЫЙ».....	182
Пышкин В. Б., Кобечинская В. Г., Прыгунова И. Л. К АНАЛИЗУ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МЕЛОИДОФАУНЫ (<i>INSECTA: MELOIDAE</i>) ОСНОВНЫХ ЭКОЦЕНТРОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ КРЫМА.....	195
Северюкова Г. А., Хвастунова И. В., Исупов И. Б. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ, СВЯЗАННЫЕ С ФАЗАМИ ДЫХАНИЯ	204
Симонова О. И. АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПЕРВОКУРСНИКОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВУЗЕ.....	214
Соловьёва О. В. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПОСЕЛЕНИЯ МИДИЙ НА КРУПНОМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СООРУЖЕНИИ.....	223
Сулейманова В. Н., Егорова Н. Ю. К ЭКОЛОГИИ <i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS</i> L. (ORCHIDACEAE) В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	234
Филиппова С. Ю., Логвинов А. К., Кириченко Е. Ю. ВЕРОЯТНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕХСТОРОННЕГО СИНАПСА В ПЕРВИЧНОЙ СОМАТОСЕНСОРНОЙ КОРЕ КРЫС И РАЗМЕР АКТИВНОЙ ЗОНЫ СИНАПСА НАХОДИТСЯ В ПРЯМОЙ ЗАВИСИМОСТИ	249
Цепина Н. И., Судьбина Л. В., Минникова Т. В., Колесников С. И. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕРЕБРОМ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ ЧЕРНОЗЕМОВ, БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ И СЕРОПЕСКОВ.....	259

Чуян Е. Н., Миронюк И. С., Раваева М. Ю., Чертаев И. В., Гришина Т. В. ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С МЕТАЛЛАМИ	267
Ярмолюк Н. С., Бирюкова Е. А., Джелдубаева Э. Р., Нагаева Е. И., Дягилева Ю. О., Хусаинов Д. Р., Ткач Е. С., Захаров Д. Н. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА	281
Ярыш В. Л., Ярыш Г. Е. АНАЛИЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ В НАСАЖДЕНИЯХ ФИСТАШКИ ТУПОЛИСТНОЙ (<i>PISTACIA MUTICA</i>) В КАРАДАГСКОМ ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ	291
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Сарнит Е. А., Сайдахмедова Н. Н., Муртазаева Д. Н., Мельникова Е. Д. СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕРОЛИГАНДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЕВРОПИЯ(III) И ТЕРБИЯ(III) НА ОСНОВЕ N-ДОДЕЦИЛИМИНОДИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ХЕЛАТООБРАЗУЮЩИХ ЛИГАНДОВ	304
Трубицын М. А., Королькова С. В., Воловичева Н. А., Фурда Л. В. ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫХ МИНЕРАЛОВ БЕЛГОРОДСКОГО РЕГИОНА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАТИОНАМИ Li ⁺ , Na ⁺ , K ⁺	314
Цикалова В. Н., Наумкина Т. Ю., Сабалаева Х. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОТ ЛЬЮИСА В ПОЛУЧЕНИИ ГЕПТИЛ-2-АЦЕТАМИДО- 3,4,6-ТРИ-О-АЦЕТИЛ-2-ДЕЗОКСИ- α -D-ГЛЮКОПИРАНОЗИДА РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ	324
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	333
СОДЕРЖАНИЕ	342