

Научный журнал

Основан в 2005 г.

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
ПИ № ФС77-61025 от 5 марта 2015 г.

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

Редакционная коллегия серии:

д-р биол. наук, проф. А.В. Зиновьев (*глав. редактор*);
д-р биол. наук, проф. А.Я. Рыжов;
действительный член РАМН, д-р мед. наук, проф. В.М. Баранов;
д-р биол. наук, проф. А.Н. Панкрушина; д-р биол. наук В.И. Николаев;
д-р биол. наук, проф. М.Б. Петрова; д-р биол. наук, проф. Л.В. Алексеева;
д-р биол. наук Н.П. Александрова; д-р мед. наук, проф. Н.Н. Слюсарь;
д-р биол. наук, проф. Г.М. Зубарева; д-р биол. наук А.Д. Потёмкин;
д-р биол. наук, проф. Л.В. Маловичко; д-р биол. наук, проф. А.А. Нотов;
д-р биол. наук А.Ф. Мейсунова; д-р биол. наук, проф. М.С. Игнатов;
д-р биол. наук Ю.К. Виноградова; PhD Марк Молтби (Великобритания);
PhD Рон Майерс (Соединенные Штаты Америки);
канд. биол. наук, доц. Л.В. Петухова;
д-р мед. наук проф. И.И. Макарова; канд. биол. наук, доц. А.А. Емельянова;
д-р биол. наук, доц. В.В. Ивановский (Беларусь); канд. биол. наук, доц. Н.Е. Николаева;
канд. биол. наук, проф. С.М. Дементьева;
канд. биол. наук, доц. С.А. Иванова (*отв. секретарь*);
канд. физ.-мат. наук, доц. В.Е. Домбровская;
канд. биол. наук Д.И. Игнатьев (*техн. редактор*)

Адрес редакции:

Россия, 17002, г. Тверь, пр-т Чайковского, д. 70, каб. 201
Тел.: +7 (4822) 32-06-80

*Все права защищены. Никакая часть этого издания
не может быть репродуцирована без письменного разрешения издателя.*

© Тверской государственный
университет, 2023

Scientific Journal

Founded in 2005

Registered by the Federal Service for Supervision of Communications,
Information Technology and Mass Media
PI № ФС77-6125 of March 5, 2015

Translated Title:

Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology

Founder:

Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education
«Tver State University»

Editorial Board of the Series:

D.Sc. in Biology, prof. A.V. Zinoviev (*editor-in-chief*);
D.Sc. in Biology, prof. A.Ya. Ryzhov;
Corresponding Member of RAMS, Dr. of Medical Sciences, prof. V.M. Baranov;
D.Sc. in Biology, prof. A.N. Pankrushina; D.Sc. in Biology, prof. V.I. Nikolaev;
D.Sc. in Biology, prof. M.B. Petrova; D.Sc. in Biology, prof. L.V. Alekseeva;
D.Sc. in Biology N.P. Aleksandrova; Dr. of Medical Sciences, prof. N.N. Slusar;
D.Sc. in Biology, prof. G.M. Zubareva; D.Sc. in Biology A.D. Potemkin;
D.Sc. in Biology, prof., L.V. Malovichko, D.Sc. in Biology, prof. A.A. Notov;
D.Sc. in Biology, assoc. prof. A.F. Meysurova; D.Sc. in Biology, prof. M.S. Ignatov;
D.Sc. in Biology, prof. A.E. Rodionova; D.Sc. in Biology Yu.K. Vinogradova;
Ph.D. Mark Maltby (United Kingdom); Ph.D. Ron A. Meyers (United States of America);
Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. L.V. Petukhova; Dr. of Medical Sciences, prof. I.I. Makarova;
Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. A.A. Emelyanova;
D.Sc. in Biology, assoc. prof. V.V. Ivanovsky (Belarus);
Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. N.E. Nikolaeva;
Cand.Sc. in Biology, prof. S.M. Dementyeva;
Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. S.A. Ivanova (*executive secretary*);
Cand. of Physical and Technical Sciences, assoc. prof. V.E. Dombrovskaya;
Cand.Sc. in Biology D.I. Ignatiev (*technical editor*)

Editorial Office:

Office 201, 70, Chaikovsky prospekt, Tver, 170002, Russia
Tel.: +7 (4822) 32-06-80

*All rights reserved. No part of this publication
may be reproduced without the written permission of the publisher.*

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИОЛОГИЯ

В.Д. Кузнецов

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ
ВО ВРЕМЯ ПЕРЕВАЛЬНОГО ПОХОДА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА.....7

Н.Н. Тятенкова, А.С. Спивак, О.Н. Теплякова

ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ И АДАПТАЦИОННЫЕ РЕЗЕРВЫ
СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У СТУДЕНТОК В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ.....19

Н.Г. Русских, О.В. Рогачевская

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИОКАРДА ОТ ИСХОДНОГО УРОВНЯ
ПРИ МЕНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ.....27

В.П. Мальцев, А.А. Говорухина, О.А. Мальков

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И АДАПТАЦИОННЫЕ РЕЗЕРВЫ
ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ
РЕГУЛЯЦИИ.....36

С.А. Моисеев

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
ЛОКОМОЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕСКОЖНОЙ СТИМУЛЯЦИИ
СПИННОГО МОЗГА.....47

БИОХИМИЯ

Т.В. Казакова, О.В. Маршинская, С.В. Нотова

СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО ГОМЕОСТАЗА НА ФОНЕ
СУБХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАРГАНЦА
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ).....56

ЗООЛОГИЯ

Л.В. Маловичко, А.М. Зубалий, Д.Ю. Дутова, Е.А. Ляшенко

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ КОРМОВОГО ПОВЕДЕНИЯ
ЗИМОРОДКА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД.....67

А.В. Диков, Н.М. Костомахин

ОЦЕНКА ОХОТНИЧЬИХ КАЧЕСТВ СОБАК ПОРОДЫ
ЗАПАДНОСИБИРСКАЯ ЛАЙКА РАЗНОГО ПОЛА.....80

Л.В. Маловичко, Ю.В. Литвинов

О МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЯХ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
ВРАНОВЫХ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА.....85

БОТАНИКА

Ю.А. Бобров, А.Н. Левашов, Н.Н. Жукова, Д.А. Филиппов
ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *SCORZONERA GLABRA*
(*ASTERACEAE*) В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....94

Л.В. Зуева, Е.А. Андреева, Д.Н. Крюченков
ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЕЛИ
ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТВЕРСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ.....111

Л.А. Антонова, И.П. Щеглова
ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ *MADIA GLOMERATA* HOOK. (*ASTERACEAE*)
НА РОССИЙСКОМ ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ.....121

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

М.Г. Половникова, И.Н. Калинина, Ю.А. Кудряшова, М.Е. Кудряшов
ПРОЕКТ СИСТЕМЫ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
В ПРЕДЕЛАХ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ
Г. КРАСНОДАРА.....131

А.А. Нотов, А.Ф. Мейсурова, С.А. Иванова, В.А. Нотов,
В.А. Бордачев, А.А. Колонтаева, М.Е. Бычкова
О НЕКОТОРЫХ НЕТРАДИЦИОННЫХ ОБЪЕКТАХ УЧЕБНО-ПОЛЕВЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ПО БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ.....140

CONTENT

PHYSIOLOGY

- V.D. Kuznetsov*
ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF MILITARY PERSONNEL
DURING THE TRANSIT CAMPAIGN BASED ON THE ANALYSIS
OF HEART RATE VARIABILITY.....7
- N.N. Tyatenkova, A.S. Spivak, O.N. Teplyakova*
INDICATORS OF HEMODYNAMICS AND ADAPTIVE RESERVES OF THE
CIRCULATORY SYSTEM IN FEMALE STUDENTS DURING THE PANDEMIC.....19
- N.G. Russkikh, O.V. Rogachevskaya*
DEPENDENCE OF CHANGES IN THE ELECTROPHYSIOLOGICAL INDICATORS
OF THE MYOCARDIA ON THE INITIAL LEVEL UNDER MENTAL LOAD.....27
- V.P. Maltsev, A.A. Govorukhina, O.A. Malkov*
FUNCTIONAL STATE AND ADAPTATION RESERVES OF STUDENTS
WITH DIFFERENT TYPES OF VEGETATIVE REGULATION.....36
- S.A. Moiseev*
SYNERGETIC CONTROL OF THE LOCOMOTION'S KINEMATIC STRUCTURE
UNDER THE SPINAL CORD TRANSCUTANEOUS STIMULATION.....47

BIOCHEMISTRY

- T.V. Kazakova, O.V. Marshinskaya, S.V. Notova*
ELEMENTAL HOMEOSTASIS DURING SUBCHRONIC EXPOSURE TO
MANGANESE (EXPERIMENTAL STUDY).....56

ZOOLOGY

- L.V. Malovichko, A.M. Zubaliy, D.Yu. Dutova, E.A. Lyashenko*
DISTRIBUTION AND WINTER FORAGING PECULIARITIES
OF THE COMMON KINGFISHER IN THE CENTRAL CIS-CAUCASUS.....67
- A.V. Dikov, N.M. Kostomakhin*
ASSESSING THE HUNTING QUALITIES OF WEST-SIBERIAN LAIKA
DOG BREED IN RELATIOIN TO SEX.....80
- L.V. Malovichko, Yu.V. Litvinov*
ON MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN CORAVIDS IN AN URBANIZED
LANDSCAPE.....85

BOTANY

- Yu.A. Bobroff, A.N. Levashov, N.N. Zhukova, D.A. Philippov*
ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF *SCORZONERA GLABRA*
(ASTERACEAE) IN THE VOLOGDA REGION, RUSSIA.....94

L.V. Zueva, E.A. Andreeva, D.N. Kryuchenkov
NATURAL AND ARTIFICIAL RENEWAL OF THE COMMON SPRUCE
IN THE TVER FORESTRY OF THE TVER REGION.....111

L.A. Antonova, I.P. Shcheglova
INVASIVE POTENTIAL OF *MADIA GLOMERATA* HOOK. (ASTERACEAE)
IN THE RUSSIAN FAR EAST.....121

INTERDISCIPLINARY STUDIES

M.G. Polovnikova, I.N. Kalinina, Y.A. Kudryashova, M.E. Kudryashov
THE PROJECT OF MEDICAL AND ENVIRONMENTAL MONITORING
SYSTEM WITHIN THE SPORTS AND RECREATION FACILITIES
OF KRASNODAR.....131

*A.A. Notov, A.F. Meysurova, S.A. Ivanova, V.A. Notov, V.A. Bordachev,
A.A. Kolontaeva, M.E. Bychkova*
ON SOME NON-TRADITIONAL OBJECTS OF EDUCATIONAL
FIELD RESEARCH IN BIOLOGY AND ECOLOGY.....140

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 159.91:355.232.6
DOI: 10.26456/vtbio326

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕВАЛЬНОГО ПОХОДА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

В.Д. Кузнецов

Воздушно-десантные войска, Псков

Своевременный анализ функционального состояния организма военнослужащих в горных условиях с помощью современных аппаратно-программных комплексов поможет в правильной организации подготовки военнослужащих к длительным маршам в горной местности для выполнения специальных учебно-боевых задач. Цель работы – проанализировать реакцию организма военнослужащих на большие физические нагрузки, вызванные длительным маршем по горной местности во время перевального похода, с помощью анализа variability сердечного ритма и выяснить, может ли уровень функционального состояния влиять на качество выполнения учебно-боевых задач в горной местности. По результатам проведенного исследования была разработана модель корректировки функционального состояния с помощью физиотерапевтических, эндогенных методов и средств физической подготовки.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, горная подготовка, физическая подготовка, функциональное состояние, вегетативная нервная система.*

Введение. Современное состояние войск требует постоянной и тщательной подготовки военнослужащих к выполнению своих задач по предназначению в любых условиях (в умеренном климате, жарком климате, в условиях крайнего севера, среднегорья и высокогорья и т.д.). Попадания в эти условия неразрывно будут связаны с воздействием на организм военнослужащих вредных факторов окружающей их среды. Так, в горных условиях на солдат будут воздействовать: понижение барометрического давления атмосферы и парциального давления кислорода, сухость вдыхаемого воздуха, увеличение ультрафиолетовой радиации, сильные перепады температур (в дневное и ночное время), резкое изменение погоды и т.д. Помимо природных факторов есть также факторы военной службы в горных условиях. Они проявятся в следующем: большой вес

носимой на себе экипировки и вооружения, действия малыми группами без техники, автономность выполнения задач и т.п.

Программа подготовки военнослужащих к выполнению задач в горных условиях предполагает выполнение некоторых тренировочных упражнений в горах. Одним из таких является комплексное упражнение «перевальный поход». В данном упражнении организм военнослужащих находится на пределе своих возможностей.

Современные научные данные говорят нам о различных способах использования показателей variability сердечного ритма сердца. Одним из них является контроль тренировочного процесса и оценки функционального состояния организма военнослужащих.

Оценкой функционального состояния на основе variability сердечного ритма занимались такие ученые как Баевский Р.М. (1966), Шлык Н.И. (2001), Гуревич Е. Е. (2007), Брук Т.М. (2009), Литвин Ф.Б. (2010), Гаврилова Е.А. (2016) и многие другие.

Своевременный анализ функционального состояния организма военнослужащих в горных условиях с помощью современных аппаратно-программных комплексов поможет в правильной организации подготовки военнослужащих к длительным маршам в горной местности для выполнения специальных учебно-боевых задач.

Цель исследования – исследовать реакцию организма военнослужащих на большие физические нагрузки, вызванные длительным маршем по горной местности во время перевального похода, с помощью анализа variability сердечного ритма и выяснить, может ли уровень функционального состояния влиять на качество выполнения учебно-боевых задач в горной местности.

Задачи:

1. Оценить функциональное состояние военнослужащих с помощью variability сердечного ритма за сутки до выполнения комплексного упражнения «перевальный поход».
2. Распределить согласно модели прогностической оценки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск, исследуемых по группам с разными уровнями функционального состояния.
3. Определить показатели variability ритма сердца после выполненного комплексного упражнения «перевальный поход».
4. Разработать модель регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях высокогорья.

Методика. В исследовании приняло участие 40 военнослужащих первого уровня обучения горной подготовке. Средний возраст испытуемых $25,3 \pm 4,1$, вес $82,1 \pm 6,8$ кг, рост $178,2 \pm 5,9$ см. Уровень физической подготовленности военнослужащих (согласно

НФП-2009) был на хорошем уровне, средняя оценка военных профессионалов по физической подготовке была 4,8. Все военнослужащие были первой категории (военнослужащие подразделений специального назначения, разведывательных, воздушно-десантных, десантно-штурмовых и морской пехоты).

Исследование проходило в 4 этапа:

на первом этапе был проведен анализ variability сердца у военнослужащих, оценка сатурации крови и на основе результатов были сформированы группы функционального состояния;

на втором этапе проведен «перевальный поход» протяженностью в 32 километра, с перепадом высот в 1240 м и продолжительностью в двое суток, высотный профиль маршрута представлен на рисунке 1;

третий этап включал в себя оценку функционального состояния военнослужащих по результатам анализа variability ритма сердца (проведенного на следующий день после возвращения подразделений в место дислокации базового лагеря) и рассмотрение полученных результатов;

четвертый этап состоял из разработки модели регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях среднегорья с помощью физиотерапевтических, эндогенных методов и средств физической подготовки на основе полученных результатов и анализа научной литературы.

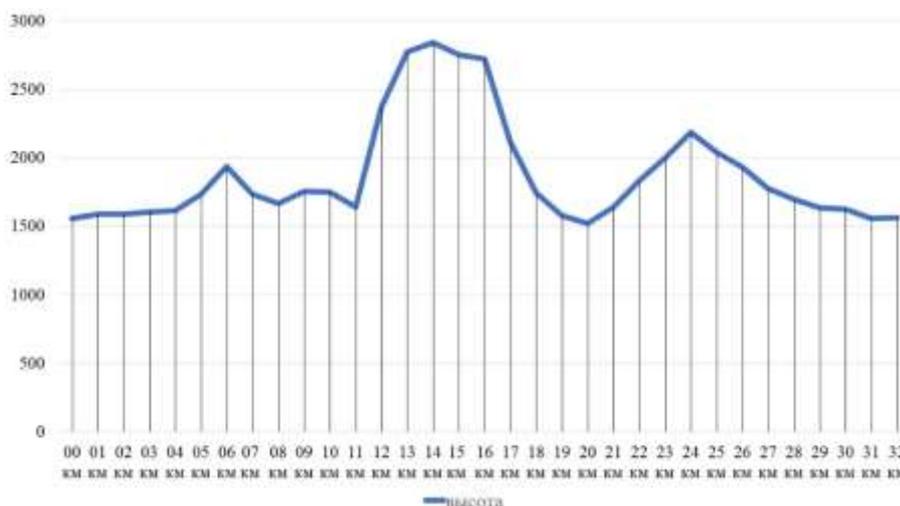


Рис. 1. Высотный профиль маршрута перевального похода

Анализ variability сердечного ритма проводился в утренние часы. Перед обследованием военнослужащие находились 15 минут в неподвижном состоянии. Полученные результаты заносились

в индивидуальный протокол. Запись кардиоритмограммы проходила в течение 300 кардиоциклов. Проводили оценку временных и частотных показателей ВСР. Распределение военнослужащих по уровню функционального состояния проходила с помощью прогностической модели оценки функционального состояния военнослужащих в разных условиях окружающей среды, модель представлена на рисунке 2.

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

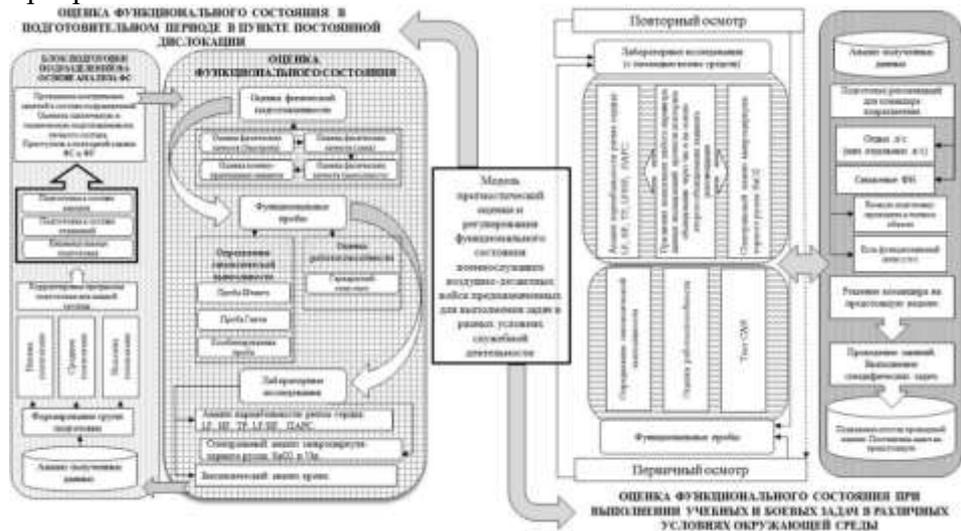


Рис. 2. Прогностическая модель оценки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в разных условиях окружающей среды

Результаты и обсуждение. Перед выходом в горную зону был проведен анализ вариабельности сердечного ритма военнослужащих и проверен уровень сатурации. Результаты проведенных исследований

представлены в таблице 1.

Представленные данные говорят о нормальных референтных значениях вариабельности ритма сердца и сатурации военнослужащих. Используя имеющийся материал, военнослужащих распределили на три отделения: 1 отделение с высоким уровнем функционального состояния; второе отделение со средним уровнем функционального состояния; третье отделение с низким уровнем функционального состояния. В первом отделении оказалось 18 военнослужащих, во втором - 10 и в третьем - 12. Задачей каждого отделения было движение с максимально возможной скоростью.

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей вариабельности сердечного ритма и сатурации крови военнослужащих на всех этапах исследования

Показатели	Результаты проведенных исследований		Уровень достоверности p
	до	после	
M±σ			
ЧСС, уд/мин	66,5±7,9	75,5±9,34	0,0076
SDNN, мс	75,7±26,8	56,4±21,5	0,002
rMSSD, мс	31,1±9,1	29,4±9,9	0,45
pNN50, %	23,8±8,3	23,2±9,8	0,75
HF, мс ²	893,7±110,5	728,7±104,9	0,001
LF, мс ²	1092,7±259,1	1198,8±208,03	0,02
VLF, мс ²	1006,1±295,33	486,8±141,5	0,001
ULF, мс ²	1926,7±343,3	715,7±208,8	0,001
TP, мс ²	4919,2±575,17	3130,2±341,2	0,001
LF/HF, у. е.	1,2±0,3	1,5±0,4	0,001
SI, у.е.	53,42±28,4	183,6±61,9	0,001
Md [Q25;Q75]			
HF %	HF %	HF %	HF %
VLF %	VLF %	VLF %	VLF %
LF %	LF %	LF %	LF %
SpO2 %	SpO2 %	SpO2 %	SpO2 %
ПАРС, у.е.	ПАРС, у.е.	ПАРС, у.е.	ПАРС, у.е.

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; SDNN - ; HF– высокочастотные волны ; LF– низкочастотные волны; VLF– очень низкочастотные волны; ULF– сверхнизкие волны; LF/HF – отношение низкочастотного и высокочастотного компонентов ВСП; pNN50 (%) – доля NN50, деленная на общее количество NN; rMSSD – квадратный корень из среднего значения квадратов последовательных различий между соседними NN; SDNN – стандартное отклонение интервалов NN; SI – стресс-индекс; SpO2 – средний относительный уровень оксигенации (сатурации оксигемоглобина) в смешанной крови микроциркуляторного русла; ПАРС – показатель активности регуляторных систем.

Первое отделение выполнило комплексное упражнение «перевальный поход» протяженностью 32 километра за 13 часов 51 минуту (самого марша), второе отделение за 16 часов 32 минуты

(самого марша) и третье отделение за 20 часов 48 минут (самого марша).

На следующий день после перевального похода у испытуемых повторно провели оценку сатурации крови и анализ вариабельности ритма сердца. Результаты представлены в таблице 1.

По отделениям повторное исследование не показало достоверных различий между показателями вариабельности сердечного и сатурации крови военнослужащих.

Повторное обследование показало, что показатели активности регуляторных систем военнослужащих указывают на мобилизацию механизмов симпатико-адреналовой системы и системы гипофиз-надпочечники. Характеризуется выраженное напряжение регуляторных систем. У военнослужащих в связи с рядом выполненных мероприятий (длительный марш по сильно пересеченной местности с высоким перепадом высот в условиях среднегорья) наблюдалась кислородная недостаточность I степени.

Снижение такого показателя ВСР как SDNN говорит нам о том, что вегетативная нервная система военнослужащих смещена в сторону парасимпатического отдела и направлена на восстановление систем организма после перенесенных физических нагрузок. Стресс-индекс (SI) был увеличен в несколько раз, что указывает на предельные нагрузки, перенесенные военнослужащими.

Спектральные показатели ВСР (TP, HF, LF, VLF, ULF) говорят нам о гипореакции организма военнослужащих, но при этом результаты измерения низкочастотных волн и их процент от общей мощности преобладают над процентом дыхательных волн, а это является показателем того, что в процессах регуляции АД участвуют неспецифические механизмы, которые (снижение показателя VLF) сигнализируют нам об энергодефиците организма военнослужащих. И ещё снижение этого показателя может говорить о снижении метаболических, энергетических и психических процессов в организме солдат. ULF – ультранизкочастотные колебания требуют серьезного исследования, и пока в литературе нет единого мнения о физиологической интерпретации их происхождения.

По наблюдениям некоторых авторов, этот показатель выражено изменяется под влиянием внешней среды и, в частности, на сборах в среднегорье, а также перед соревнованиями и при отклонениях в состоянии здоровья (Шлык, 2009, 2016, 2019).

Из результатов исследования и в процессе изучения научной литературы была разработана модель регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях среднегорья (рис. 3).

Модель включает в себя три модуля (низкое ФС, среднее ФС, высокое ФС), которые в свою очередь тоже состоят из трёх

компонентов (физиотерапевтические методы воздействия на организм военнослужащих, эндогенные методы воздействия на организм военнослужащих и средства физической подготовки).

Первый модуль направлен на восстановление организма после перенесенных нагрузок, вызванных вредными факторами окружающей среды и большими физическими нагрузками. Первый компонент данного модуля включает такой элемент как бальнеотерапия, то есть горячий душ, направленный на расслабление организма для улучшения сна, релаксацию мышц организма и улучшения дыхания путем вдыхания горячего воздуха. Аудиовизуальная стимуляция в режиме «релаксация» направлена на расслабление нервной системы; аэрофитотерапия с эфирными маслами пихты сибирской и мяты улучшает дыхательную функцию организма военнослужащих. Второй компонент включает в первую очередь сбалансированное питание (достижение суточного рациона до 2500 килокалорий) и прием минеральных вод данного горного региона для улучшения пищеварения. Фармакологическое вмешательство выполняется только по назначению специалистов медицинской службы.



Рис. 3. Предлагаемая модель регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях среднегорья:

ФС – функциональное состояние; УФЗ – утренняя физическая зарядка;
УЗ – учебные занятия; СМР – спортивно-массовая работа

Увеличение продолжительности сна поможет в процессах восстановления и энергетического накопления (увеличение предлагается за счет сокращения УФЗ на 30 минут и сокращения вечерних мероприятий на 40 – 60 минут). Третий компонент включает

проведение на утренней физической зарядке подготовительных упражнений продолжительностью 5-7 минут, дыхательной гимнастики из 8-12 упражнений продолжительностью 10 минут и приведением организма в состояние относительного физиологического покоя в течение 3-5 минут. В часы учебных занятий и спортивно-массовой работы тренировку проводить в виде длительных прогулок для улучшения дыхательной функции.

Второй модуль направлен на поддержание функционального состояния на нормальном уровне и устранение возможных отклонений от нормы. Физиотерапевтический компонент данного модуля включает контрастный душ, который стимулирует производство лимфоцитов и улучшает иммунную функцию, что помогает бороться с инфекциями и укрепляет организм, также запускает циркуляцию крови, улучшает кровоток к органам и тканям, что способствует более эффективному поступлению кислорода и питательных веществ, активизирует нервную систему. Аудиовизуальная стимуляция в режиме «мобилизация» направлена на снижение тонуса блуждающего нерва, что должно помочь военнослужащим в подготовке к предстоящим учебно-боевым задачам. Аэрофитотерапия с использованием эфирных масел на основе лаванды и шалфея направлена на общетонизирующий и противовоспалительный эффект. Самомассаж проблемных зон поможет повысить процессы восстановления и улучшить физическое состояние военнослужащих. Эндогенный компонент включает в себя сбалансированное питание (достижение суточного рациона до 2500 килокалорий) и прием минеральных вод данного горного региона для улучшения пищеварения, увеличение продолжительности сна поможет в процессах восстановления и энергетического накопления (увеличение предлагается производить за счет сокращения вечерних мероприятий на 40 минут). В компонент регуляции функционального состояния с помощью средств физической подготовки включена дыхательная гимнастика для усиления газообмена в легких, насыщения организма военнослужащих кислородом, укрепления дыхательных мышц. В спортивно-массовую работу необходимо включить равномерный длительный бег в первом режиме (ЧСС от 130 до 150 уд./мин.).

Третий модуль направлен на поддержание высокого функционального состояния, профилактику заболеваний и развитие физических качеств. В первом компоненте физиотерапевтические процедуры направлены на улучшение восстановления после физической нагрузки и повышение иммунной функции организма. Второй компонент направлен на поддержание необходимого энергетического баланса. Третий компонент направлен на

использование физико-географических факторов в развитии специальных физических качеств.

Заключение

Изучение функционального состояния военнослужащих до перевального похода показало, что военнослужащие находились в относительном нормальном состоянии, но при этом у ряда военнослужащих выявлены дизадаптивные процессы, что представляло их функциональное состояние как низкое.

Оценка функционального состояния с помощью variability сердечного ритма и сатурации крови военнослужащих помогла на основе прогностической модели оценки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в разных условиях окружающей среды разделить группу обучаемых на 3 отделения, которые при проведении комплексного занятия «перевальный поход» показали значительно разный результат выполнения марша по горной местности протяженностью в 32 км и с перепадом высот в 1240 м.

Повторный анализ variability ритма сердца и сатурации крови после «перевального похода» наглядно показал, что в процессах регуляции участвуют неспецифические механизмы, вегетативная нервная система военнослужащих смещена в сторону парасимпатического отдела и направлена на восстановление систем организма после перенесенных физических нагрузок.

На основе проведенных исследований была разработана и представлена модель корректировки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в условиях среднегорья.

Полученные данные, вне всяких сомнений, говорят о необходимости дальнейшего поиска и реализации современных подходов в организации и проведении мероприятий боевой подготовки и повышении адаптационных возможностей организма военнослужащих в условиях среднегорья, на что и будут направлены наши дальнейшие исследования.

Список литературы

Алекперов И.М., Плахов Н.Н., Киреев И.О., Дергачев В.Б. 2022. Оптимизация функционального состояния организма и работоспособности военнослужащих с помощью дозированных термических воздействий // Актуальные вопросы в педагогических, медико-биологических и психологических аспектах физической культуры и спорта: Межвузовский сборник научных статей межвузовской научно-практической конференции памяти олимпийского чемпиона Н.В. Пузанова, Санкт-Петербург, 07 апреля 2022 года. Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова. С. 33-42.

- Баевский Р.М.* 2001. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. № 3. С. 108-127.
- Брук Т.М.* 2009. Современные средства повышения и восстановления физической работоспособности спортсменов: монография / [Смоленская гос. акад. физ. культуры, спорта и туризма]. Смоленск: Смоленская гос. акад. физ. культуры, спорта и туризма, 2009. – 173 с.
- Брынцева Е.В., Гаврилова Е.А., Загородный Г.М., Чурганов О.А., Белодедова М.Д.* 2020. Прогноз успешности пловцов-юниоров на основе оценки вариабельности сердечного ритма // Прикладная спортивная наука. – № 2(12). С. 61-69.
- Дальский Д.Д., Афанасьева И.А., Стовбур А.П., Авраменко В.И., Ващенко К.В.* 2020. Оптимизация функционального состояния военнослужащих средствами физической подготовки // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. № 7(185). С. 93-99.
- Дмитренко А.Р., Авдюшенко С.А.* 2020. Оптимизация функционального состояния организма военнослужащих-спортсменов с помощью методики "Кратковременный сон" // Физическая культура и спорт, в студенческой среде: Статьи Межвузовской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 17 июня 2020 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. С. 66-68.
- Дудельзон В.А., Кальманов А.С., Булавин В.В.* 2018. Применение различных режимов аудиовизуальной стимуляции для оптимизации функционального состояния военнослужащих // Военно-медицинский журнал. Т. 339. № 5. С. 47-51.
- Ильина Н.Н.* 2022. Активная и пассивная мышечная релаксация в коррекции функционального состояния // Universum: психология и образование. № 2(92). С. 24-27.
- Кузнецов В.Д., Козиков Я.С., Галунин А.С., Елисеев С.А., Шаповаленко А.Л.* 2023. Совершенствование адаптационных возможностей военнослужащих средствами физической подготовки в условиях горной местности // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. № 3(217). С. 255-260.
- Кузнецов В.Д., Романов В.В., Васильков И.Е., Ткаченко А.В.* 2023. Применение модели оценки и регулирования функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в условиях высокогорья для организации учебно-тренировочных сборов самбистов в горной местности // Интеграция науки и спортивной практики в единоборствах: материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых, посвящённой памяти заслуженного мастера спорта СССР, заслуженного тренера СССР, профессора Евгения Михайловича Чумакова, Москва, 16 февраля 2023 года. М.: Федеральное государственное бюджетное образовательное

- учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК». С. 130-135.
- Курьянович Е.Н., Вихрук Т.И., Марцинкевич Е.Д.* 2014. Физиология человека: учебное пособие. СПб.: ВИФК, МО РФ. 182 с.
- Любчик В. Н., Мирошниченко Н. В., Голубова Т. Ф.* 2019. Немедикаментозные методы реабилитации: цветотерапия, музыкотерапия, аэрофитотерапия с эфирными маслами растений. М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М». 182 с. (Научная мысль - 100 лет КрымФУ).
- Мирошников А.Б.* 2022. Медико-биологическое обоснование применения физической нагрузки аэробного характера для спортсменов силовых видов спорта с артериальной гипертензией: 14.03.11 Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. 255 с.
- Шлык Н.И.* 2022. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе: методическое пособие. Ижевск: Удмуртский государственный университет. 80 с.
- Щуров А.Г., Романов К.В., Черевкова Т.Н., Борисенко Н.С.* 2021. Физическая подготовка как фактор оптимизации функционального и психоэмоционального состояния военнослужащих на заключительном этапе подготовки к учениям // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. № 2. С. 256-262.
- Щуров А.Г.* 2022. Результаты динамических исследований функционального состояния и физической подготовленности курсантов первого курса вуза в период общевоинской подготовки // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. № 4. С. 267-272.

ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF MILITARY PERSONNEL DURING THE TRANSIT CAMPAIGN BASED ON THE ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY

V.D. Kuznetsov
Airborne troops, Pskov

Timely analysis of the functional state of the organism of military personnel applied using modern hardware and software systems greatly helps in the proper organization of training of military personnel for long marches in mountainous terrain to perform special combat training tasks. The purpose of the study was to analyze the reaction of the body of military personnel to heavy physical exertion caused by a long march through mountainous terrain during a mountain hike. The analysis of heart rate variability was used to find out whether the level of functional condition can affect the quality of performance of combat training tasks in mountainous terrain. Based on the

results of the study, a model for correcting the functional state using physiotherapeutic, endogenous methods and means of physical training was developed.

Keywords: *heart rate variability, mountain training, physical fitness, functional state, autonomic nervous system.*

Об авторе

КУЗНЕЦОВ Вадим Дмитриевич – гвардии капитан, помощник командира полка по физической подготовке – начальник физической подготовки войсковой части 32515, Воздушно-десантный войск, 181260, Псков, д. Череха, в/ч 32515, e-mail: KuznetsovVDedu@yandex.ru.

Кузнецов В.Д. Оценка функционального состояния военнослужащих во время перевального похода на основе анализа вариабельности сердечного ритма / В.Д. Кузнецов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 7-18.

Дата поступления рукописи в редакцию: 09.11.23
Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 612.1:616-053.82
DOI: 10.26456/vtbio327

ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ И АДАПТАЦИОННЫЕ РЕЗЕРВЫ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У СТУДЕНТОК В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ

Н.Н. Тятенкова, А.С. Спивак, О.Н. Теплякова

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль

В статье рассматриваются сравнительные характеристики состояния сердечно-сосудистой системы студенток-девушек во время коронавирусной инфекции (COVID-19) в 2019 году и после снятия ограничительных мер в 2021 году. Были взяты во внимание такие характеристики как частота сердечных сокращений, артериальное давление, систолический объём крови, минутный объём кровообращения, общее периферическое сопротивление сосудов, индекс напряжения миокарда, показатель внешней работы миокарда, коэффициент эффективности миокарда, коэффициент экономичности кровообращения, вегетативный индекс Кердо, индекс Робинсона, адаптационный потенциал. Исследование показало, что произошло снижение функциональных возможностей и адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы, проявляется преобладание неэкономичных для системы кровообращения механизмов, которые снижают эффективность приспособительных реакций.

Ключевые слова: гемодинамика, сердечно-сосудистая система, студентки, COVID-19, адаптационный потенциал

Введение. Пандемия COVID-19 стала серьезным испытанием для человечества. Карантинные ограничения в передвижении, закрытие спортивно-оздоровительных центров и переход на дистанционную форму обучения повлекли за собой ухудшение здоровья людей. В литературе все чаще встречаются данные о влиянии пандемии на различные показатели здоровья студенческой молодежи, в том числе пищевое поведение (Мельникова, 2021), физическое развитие (Тятенкова, 2022; Guo, 2021), психологическое состояние (Бессчетнова, 2021; Кононенко, 2021), сердечно-сосудистую систему человека (Хромина, 2021; Малыхин, 2022).

Заболеемость SARS-CoV-2 на фоне ослабления карантинных мер в России продолжает расти. Всплески заболеваемости чередуются с периодами снижения количества заболевших. В этой связи важнейшей задачей научного сообщества является регулярный

комплексный мониторинг состояния различных возрастных и социальных групп населения. Одной из наиболее сенситивных социальных категорий являются студенты. В период студенчества серьезные изменения претерпевает не только психологический и социальный статус индивида, но и его биологическое состояние. Переход из периода юношества в период зрелости, сочетающийся с высокими учебными нагрузками и стрессом от учебного процесса, делает студентов крайне уязвимой группой (Салихова, 2021).

Сердечно-сосудистая система зачастую рассматривается как важный индикатор не только адаптационных процессов, но и функционального статуса организма в целом (Малюкова, 2020). Мониторинг состояния данной системы и своевременные меры по поддержанию ее тонуса могут минимизировать последствия чрезвычайно высокого стрессогенного фактора – пандемии COVID-19.

Цель работы: оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы девушек-студенток до пандемии COVID-19 и после дистанционного обучения.

Методика. Выборка сформирована из студенток, обучающихся в Ярославском государственном университете им. П.Г. Демидова. Обследованы две группы девушек. В первую группу вошли девушки, у которых измерения проводились осенью 2019 года (71 человек, средний возраст $18,1 \pm 0,05$ лет). Вторую группу составили студентки, показатели которых измерялись осенью 2021 года (76 человек, средний возраст $18,4 \pm 0,07$ лет). Измерение проводили после предварительного взятого информированного согласия в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации.

Проведено измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), артериального давления систолического (АДС, мм рт. ст.) и артериального давления диастолического (АДД, мм рт. ст.). Рассчитаны показатели системной гемодинамики: пульсовое артериальное давление [АДП (мм рт. ст.) = АДС - АДД], среднее артериальное давление [АД_{ср} (мм рт. ст.) = $0,42АДС + 0,58АДП$], систолический объем крови [СОК (мл) = $90,97 + 0,54 \times АДП - 0,57АДД - 0,61 \times \text{возраст}$], минутный объем кровообращения [МОК(мл) = СОК × ЧСС], общее периферическое сопротивление сосудов [ОПСС(дин × с/см³) = $(АД_{ср} \times 1333) / \text{МОК} \times 60$], индекс напряжения миокарда [ИНМ(усл.ед.) = $(АДС \times ЧСС) / 1000$], показатель внешней работы миокарда [ВРМ(усл. ед.) = $(АД_{ср} \times СОК) / 1000$], коэффициент эффективности миокарда [КЭМ(усл.ед.) = ВРМ/ИНМ], коэффициент экономичности кровообращения [КЭК(усл.ед.) = $(САД - ДАД) / ЧСС$]. Баланс тонуса между симпатической и парасимпатической нервной системой оценивали по вегетативному индексу Кердо. Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы

использовали индекс Робинсона [ИР(усл. ед.)=(АДС×ЧСС)/100]. Адаптационные резервы организма оценивали с использованием адаптационного потенциала:

$$AP=0,011ЧСС+0,014АДС+0,008АДД+0,014возраст+0,009масса\ тела-0,009длина\ тела-0,27$$

Результаты обрабатывали статистически при помощи программы Statistica 10.0. Для определения нормальности распределения использовали критерий Колмогорова-Смирнова. Количественные данные представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей (Ме [Q1;Q3]). Значимость межгрупповых различий оценивали по U-критерию Манна-Уитни при $p < 0,05$. Сравнение номинальных данных проводилось при помощи критерия χ^2 Пирсона. Для описания качественных признаков применяли относительную частоту (%).

Результаты и обсуждение. Результаты обследования студенток до пандемии COVID-19 и после дистанционного обучения приведены в таблице 1. Медианные значения всех показателей системы гемодинамики укладываются в диапазон среднестатистических возрастных нормативов. При этом значения большинства показателей статистически значимо отличаются у девушек, обследованных в 2019 и 2021 годах.

Таблица 1

Показатели сердечно-сосудистой системы девушек, обследованных в 2019 и 2021 годах

Показатель	Ме [Q1;Q3]		Р-уровень
	2019 год	2021 год	
АДС, мм рт. ст.	121 [114;126]	119,0 [114;129]	0,74
АДД, мм рт. ст.	74 [68;80]	70 [64;77]	0,002*
АДср., мм рт. ст.	93 [90;98]	90,7 [85;97]	0,034*
ПД, мм рт. ст.	46 [41;52]	50 [44,5;55]	0,01*
ЧСС, уд./мин	73 [67;81]	79 [71;84]	0,01*
СО, мл	62,4 [58,50;68,39]	67,2 [62,22;71,42]	0,00*
МОК, мл	4543 [4224;5058]	5288 [4733;5914]	0,00*
ДМОК, мл	3370 [3111;3540]	3456 [3062;3732]	0,358
МОК/ДМОК, %	140 [121;155]	156 [135;181]	0,002*
ОПСС, дин*см/см ³	1662,2 [1417,3;1810,1]	1378,6 [1185,5;1551,9]	0,00*
ИНМ, усл. ед.	8,7 [7,8;10,1]	9,3 [8,2;10,5]	0,093
ВРМ, усл.ед.	7,5 [6,8;8,3]	6,1 [5,6;6,4]	0,00*
КЭМ, усл. ед.	0,86 [0,73;0,99]	0,66 [0,57;0,73]	0,00*
КЭК, усл. ед.	3322 [2955;3806]	3872 [3242;4573]	0,00*
Индекс Робинсона	89,7 [78,2;101,3]	94,9 [82,5;105,1]	0,093
АП	2,12 [1,95;2,30]	2,14 [1,96;2,37]	0,859

Примечание: * - различия статистически значимы при $p < 0,05$

Отмечено снижение медианных значений АДД и АДср у девушек в 2021. Результаты индивидуальной оценки показали, что низкое артериальное давление в 2019 году выявлено у 3 %, в 2021 – 16% обследованных. Частота сердечных сокращений статистически значимо увеличилась за исследуемый период. В 2019 году у 36% девушек фактическая ЧСС превышала должную более чем на 15%, в 2021 году таковых было 47%. Повышение частоты сердечных сокращений и пульсового давления в течение наблюдаемого периода свидетельствует о снижении эффективности работы сердечной мышцы, происходящем за счет сокращения общей паузы (Копосова Т. С и др., 2004). Увеличение частоты сердечных сокращений, приводящее к постепенному истощению сердечной мышцы, связано с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, в частности, инфаркта миокарда и инсульта (Kannel, 1987; Yu, 2017).

Одним из механизмов обеспечения адаптации организма к стресс-факторам является увеличение кровотока в работающих системах. В группе девушек, обследованных в 2021 году, показатели систолического и минутного объема кровообращения значимо увеличились. Однако увеличение МОК происходило преимущественно за счет увеличения ЧСС, что расценивается как неэкономичный для системы кровообращения механизм, снижающий эффективность приспособительных реакций.

Снижение значений общего периферического сопротивления сосудов может объясняться повышением частоты сердечных сокращений. Согласно данным литературы (Першина, 2012), между этими показателями существует отрицательная корреляционная зависимость. Изменения, затрагивающие такие показатели, как коэффициент экономичности кровообращения, критерий эффективности миокарда, показатель внешней работы миокарда, свидетельствуют об усиленном расходовании резервов организма, вызванном утомлением сердечной мышцы.

Индекс Робинсона отражает уровень гемодинамической нагрузки на сердечно-сосудистую систему и характеризует работу сердечной мышцы. Медианные значения индекса статистически значимо не изменились за два года. Однако распределение девушек по величине этого показателя свидетельствует, что доля лиц с низкими значениями индекса увеличилась на 12 % (рис. 1), что свидетельствует о снижении функциональных резервов сердечно-сосудистой системы.

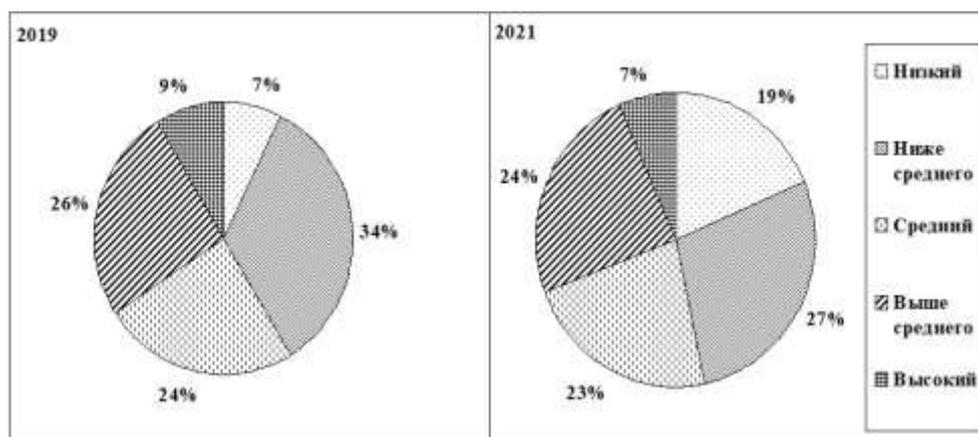


Рис. 1. Распределение девушек по величине индекса Робинсона (доля обследованных, %)

Медианные значения АП статистически значимо не изменились в течение наблюдаемого периода и в обеих группах оценивались как напряжение адаптации. Результаты индивидуальной оценки показали, что в 2019 году удовлетворительная адаптация отмечена у 51,4%, напряжение адаптации – у 48,6% девушек, в 2021 году таковых было 45,7% и 53,3% соответственно.

Сердечно-сосудистая система, участвуя в процессе адаптации, подвергается существенному влиянию автономной нервной системы. Оценка баланса тонуса между симпатическим и парасимпатическим отделами автономной нервной системой производилась с помощью вегетативного индекса Кердо. Результаты показали, что существенным образом изменился характер распределения обучающихся по типу регуляции сердечной деятельности. Доля ваготоников снизилось более чем в 4 раза (6,7% в 2021 году против 27,1% в 2019 году). Доля лиц с нормальным тонусом симпатической и парасимпатической нервной системы также снизилась – с 45,8 % до 37,3 %. При этом встречаемость студенток-симпатотоников увеличилась с 27,1 % до 56,0 %, что свидетельствует о напряжении в работе сердечно-сосудистой системы. Преобладание симпатических влияний в регуляции гемодинамики вызывает увеличение энергетических затрат и избыточное расходование функциональных резервов организма. Это может быть связано с повышенным уровнем стресса. Многие авторы отмечают, что ответом организма на стресс и высокие учебные нагрузки является повышенный тонус симпатической части вегетативной нервной системы (Ибрагимова, 2017). Очевидно, что во время пандемии люди находятся в состоянии так называемого «непрерывного травматического стресса» (Continuous Traumatic Stress – CTS), оказывающего колоссальное негативное воздействие на

психологическое состояние (Екимова, 2021; Eagle, 2013; Brooks, 2020; Xiong, 2020). Ухудшение может быть вызвано как прямыми факторами – перенесенным COVID-19 и наличием постковидного синдрома (Вахненко, 2022), так и с косвенными. К косвенным факторам следует отнести длительную самоизоляцию, сопряженную с увеличением роли поведенческих факторов риска в ухудшении состояния сердечно-сосудистой системы. Резкое снижение физической нагрузки, обусловленное переходом на режим самоизоляции, дистанционной формой обучения и иными ограничительными мероприятиями, могло повлечь за собой не только изменение уровня физического развития студентов (увеличение доли лиц с избыточной массой тела, увеличение жировой ткани и уменьшение активной клеточной массы в компонентном составе тела), но и ухудшения состояния сердечно-сосудистой системы (Криворотов, 2020; Тятенкова, 2022).

Заключение. В условиях пандемии, связанной с COVID-19, наблюдаются статистически значимые изменения в показателях гемодинамики у девушек-студенток. Отмечено снижение функциональных возможностей и адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы, преобладание неэкономичных для системы кровообращения механизмов, снижающих эффективность приспособительных реакций.

Список литературы

- Бессчетнова О.В., Кадуцкий П.А., Борисов А.Б., Магомадов Р.А.* 2021. Психологическое здоровье студентов вузов в условиях пандемии COVID-19 // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. Т. 29. № S2. С. 1417-1422.
- Вахненко Ю.В., Доровских И.Е., Домке А.П.* 2022. Кардиоваскулярная составляющая постковидного синдрома // Тихоокеанский медицинский журнал. № 1(87). С. 56-64.
- Екимова В.И., Розенова М.И., Литвинова А.В., Котенева А.В.* 2021. Травматизация страхом: психологические последствия пандемии Covid-19 // Современная зарубежная психология. Т. 10. № 1. С. 27-38.
- Ибрагимова Э.Э., Якубова Э.Ф., Якубова З.А.* 2017. Оценка физиологического состояния вегетативной нервной системы студентов-первокурсников по данным функциональных проб // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. №5 (29). С. 165-169
- Кононенко И. О., Вишнякова Н.Н., Малюткина Е.П.* 2021. Выраженность стресса и тревоги у студентов в период вспышки COVID-19 // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. Т. 10. № 5-1. С. 217-224.
- Копосова Т. С., Чикова С.Н., Чиков А.Е.* 2004. Сезонные изменения показателей кардиогемодинамики и вегетативного статуса организма студентов // Экология человека. 2004. № 5. С. 23-25
- Криворотов С.К.* 2020. Влияние дистанционного обучения на физическую активность студентов в период пандемии 2020 года // КПЖ. №4 (141). С. 173-177.

- Малыхин Ф.Т.* 2022. Симптоматология новой коронавирусной инфекции в остром периоде заболевания и постковидный синдром у студентов-медиков в период пандемии COVID-19 // *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний*. Т. 10. № 33. 1. С. 38-43.
- Малюкова Т.И.* 2020. Реакция сердечно-сосудистой системы на стрессовые воздействия // *Современные проблемы науки и образования*. № 6.
- Мельникова И.Ю., Шаповалов Е.Г., Храмова Е.Г.* 2021. Особенности пищевого поведения студентов медиков в период объявленной пандемии инфекции COVID 19 // *Children's Medicine of the North-West*. Т. 9. № 3. С. 61-66.
- Першина Т.А., Спицин А.П., Гуляева С.Ф.* 2012. Изменение центральной гемодинамики у студентов старших курсов в условиях психического напряжения // *CardioСоматика*. № 2. С. 34-36
- Салихова Н.Р., Фахрутдинова А.Р.* 2021. Трудности адаптации первокурсников к обучению в вузе // *Вестник РГГУ. Серия «Психология. Педагогика. Образование»*. № 1. С. 97-113
- Тятенкова Н.Н., Сивак А.С., Брагина А. М., Теплякова О.Н.* 2022. Физическое развитие и компонентный состав тела студенток в условиях пандемии // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. Т. 8. № 2. С. 228-235.
- Хромина С.И., Батрышина Н.А., Батрышин Р.Р.* 2021. Сравнительный анализ результатов ортостатической пробы у студентов в период пандемии COVID-19 // *Современные наукоемкие технологии*. № 3. С. 230-234.
- Brooks S.K, Webster R. K., Smith L.E., Woodland L., Wessely S., Greenberg N., Rubin G. J.* 2020 The psychological impact of quarantine and how to reduce it: Rapid review of the evidence // *Lancet*. № 395 (10227), p. 912-920.
- Dyer A., Persky V., Stamler J., Paul O., Shekelle R., Berkson D.* 1980. Heart rate as a prognostic factor for coronary heart disease and mortality: findings in three Chicago epidemiologic studies // *Am J Epidemiol*. № 112(6). P. 736-749
- Eagle G., Kaminer D.* 2013. Continuous traumatic stress: Expanding the lexicon of traumatic stress // *Peace and Conflict: Journal of Peace Psychology*. V. 19. № 2. P. 85-99
- Guo Y.-F., Liao M.-Q., Cai W.-L. et al.* 2021 Physical activity, screen exposure and sleep among students during the pandemic of COVID-19 // *Sci Rep*. V. 11. № 1. P. 8529
- Jiaqi Xiong, Orly Lipsitz, Flora Nasri, Leanna M.W. Lui, Hartej Gill, Lee Phan, David Chen-Li, Michelle Iacobucci, Roger Ho, Amna Majeed, Roger S. McIntyre.* 2020. Impact of COVID-19 pandemic on mental health in the general population: A systematic review // *Journal of Affective Disorders*. Vol. 277. P. 55-64.
- Kannel WB, Kannel C, Paffenbarger R, Cupples L.* 1987. Heart rate and cardiovascular mortality: the Framingham Study // *Am Heart J*. № 113(6). P. 1489-1494
- Yu J, Dai L, Zhao Q, Liu X, Chen S, Wang A et al.* 2017. Association of cumulative exposure to resting heart rate with risk of stroke in general population: the Kailuan Cohort Study // *J Stroke Cerebrovasc Dis*. № 26(11). P. 2501-2509.

INDICATORS OF HEMODYNAMICS AND ADAPTIVE RESERVES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN FEMALE STUDENTS DURING THE PANDEMIC

N.N. Tyatenkova, A.S. Spivak, O.N. Teplyakova

Yaroslavl P.G. Demidov State University, Yaroslavl

Here we discuss the comparative characteristics of the cardiovascular system (CCC) of female students during coronavirus infection (COVID-19) in 2019 and after the termination of restrictive measures in 2021. Heart rate, blood pressure, systolic blood volume, minute blood circulation volume, total peripheral vascular resistance, myocardial tension index, myocardial external work index, myocardial efficiency coefficient, circulatory efficiency coefficient, Kerdo vegetative index, Robinson index, adaptive potential were taken into account. The study showed that there was a decrease in the functional capabilities and adaptive reserves of the cardiovascular system, the predominance of mechanisms that are uneconomical for the circulatory system, which reduce the effectiveness of adaptive reactions, is manifested.

Keywords: *hemodynamics, cardiovascular system, female students, COVID-19, adaptive potential.*

Об авторах:

ТЯТЕНКОВА Наталия Николаевна – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, 150003, tyat@bk.ru.

СПИВАК Алексей Станиславович – аспирант кафедры ФЧЖ, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, 150003, alexey.spivak.1996@gmail.com.

ТЕПЛЯКОВА Ольга Николаевна – магистрант кафедры ФЧЖ, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, 150003, fteplyakovanolga@gmail.com.

Тятенкова Н.Н. Показатели гемодинамики и адаптационные резервы системы кровообращения у студенток в период пандемии / Н.Н. Тятенкова, А.С. Спивак, О.Н. Теплякова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 19-26.

Дата поступления рукописи в редакцию: 26.01.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИОКАРДА ОТ ИСХОДНОГО УРОВНЯ ПРИ МЕНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ

Н.Г. Русских, О.В. Рогачевская

Сыктывкарский государственный университет
им. Питирима Сорокина, Сыктывкар

Зарегистрировано 1500 кардиоциклов (КЦ) у 15 юношей в возрасте 18-19 лет. Общее количество КЦ распределено на 3 группы (по 250 КЦ) в зависимости от их длительности: 1 – с длительностью РР (полный КЦ) $\geq 1,00$ с (ЧСС – ≥ 60 уд/мин), 2 – с длительностью РР от 0,99 до 0,75 с (ЧСС – 61-79 уд/мин), 3 – с длительностью РР $\leq 0,74$ с (≤ 80 уд/мин). Представлены результаты длительности интервалов РР, РТ и сегмента ТР ЭКГ, и также соотношений фаз абсолютной и относительной рефрактерности в общем КЦ до и во время действия МН. Установлено, в контроле длительность интервала РТ (время активации миокарда, фаза абсолютной рефрактерности) малоизменчива, колеблется в пределах от 0.51 ± 0.05 с до 0.42 ± 0.02 с, т.е. в пределах ошибки метода, независима от длительности интервала РР. Продолжительность сегмента ТР (изопотенциальное состояние миокарда, фаза относительной рефрактерности) колеблется между 0.60 ± 0.09 с и 0.22 ± 0.05 с. Чем больше длительность КЦ, тем длиннее фаза относительной рефрактерности. Во время МН длительность абсолютной рефрактерности практически не меняется, относительной – снижается (0.25 ± 0.03 - 0.08 ± 0.05 с). При этом меняется соотношение (%) РТ и ТР в КЦ до и во время нагрузки. Несмотря на исходный уровень соотношений времени активации миокарда (АК) и продолжительности изопотенциального состояния миокарда (ИПС), при МН их пределы пришли к одинаковому уровню в каждой из трех групп: предел АК (РТ) повышен до ~70-80%, предел ИПС (ТР) снижен до ~20-30%. Приведенные результаты свидетельствуют о том, что изменения электрофизиологических показателей под влиянием стрессовой ситуации во время МН проявляют прямую пропорциональную зависимость от фонового уровня.

Ключевые слова: электрокардиография, миокард, интервалы, деполяризация, реполяризация, фаза рефрактерности, ментальная нагрузка, человек.

Введение. При изучении электрических показателей миокарда одним из важнейших методов является электрокардиография (ЭКГ). С помощью этого метода можно оценить характеристики электрических свойств миокарда (Долабчян, 1986; Can et al., 2002; Kligfield, 2006;

Покровский, 2007; Смирнов, 2007; Русских, Иржак, 2018; Иржак и др., 2021). В числе показателей, исследуемых с помощью ЭКГ, особый представляют интерес интервалы РР, РТ и ТР. Интервал РР характеризует общую сократительную активность сердца на основе данных по РТ и ТР. Изучение его важно, поскольку именно с зубца Р начинается процесс активации миокарда (Иванов, 2007). Интервал РТ отражает процесс распространения деполяризации по миокарду, формирование фазы абсолютной рефрактерности в работе сердца (состояние активации миокарда). Интервал (сегмент) ТР соответствует включению процесса реполяризации, формированию фазы относительной рефрактерности (изопотенциальное состояние). Измерения длительностей этих элементов ЭКГ позволяют оценивать электрофизиологические показатели миокарда, поскольку они отражают, с одной стороны, состояние потенциалов покоя и действия в клетках, а с другой стороны, служат основой формирования ЧСС и вариабельности ритма сердца (ВРС) (Панкова, 2013).

В настоящее время население в любом возрастном периоде постоянно сталкивается с возрастающими информационными нагрузками, влияющими на стрессоустойчивость, показатели сердечной деятельности и адаптационные способности человека. К настоящему времени в этой области науки получены материалы о действии функциональных проб разного характера на свойства миокарда (Иванов и др., 2007; Сорокин др., 2012; Иржак, Русских, 2021). Тесты с ментальными нагрузками (МН) одни из наиболее информативных среди множества существующих методик для изучения сердечного ритма (Криволапчук и др., 2013; Розенталь, Сафина, 2015, Ефимова, Мильникова, 2017; Горелик и др., 2018; Русских, Иржак, 2018). На сегодняшний день нет определенных методик применения МН, которые могли бы смоделировать определенное эмоциональное состояние, повлекшее за собой сбой или нарушение ритма сердца.

Целью работы является определить соотношение РТ и ТР в кардиоцикле (РР) и его зависимости от исходного уровня при ментальной нагрузке.

Методика. В качестве материалов использованы электрофизиологические показатели миокарда, полученные на основе анализа данных ЭКГ юношей 18-19 лет. Проанализировано 1500 кардиоциклов до и вовремя МН. Все участники не имели исследования специальной физической подготовки, физической культурой занимались в объеме учебной программы, предусмотренной государственными образовательными стандартами для ВУЗов. Обследование проведено в соответствии с документом «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в

качестве субъектов исследования» (Хельсинская декларация Всемирной медицинской ассоциации 1964 года с изменениями и дополнениями 2013 года). Участники подписали согласие на обследование, где были разъяснены цели, задачи и методы работы, одобренные комиссией по этике СГУ им. Питирима Сорокина.

Регистрировали по 50 кардиоциклов ЭКГ во II отведении в контроле (положение – сидя) и во время МН. В качестве МН использовали устный счет от 100 до 1 в течение 1 мин. Длительность интервалов РР, РТ и сегмента ТР измеряли с помощью линейки (соотношение – 50 мм=1с), погрешность – 0,5 мм. Рассчитывали среднее значение (M), стандартное отклонение (SD), ошибку средней (m) с помощью пакета программ «Excel». Корреляции между показателями рассчитывали по Спирмену (r_s).

Результаты и обсуждение. В исследованиях, как правило, используются усредненные данные с учетом изменчивости показателей, не учитывая при этом возможные зависимости показателей от индивидуальных внутригрупповых особенностей элементов ЭКГ, в частности, от интервалов ТР и РТ. При изучении средних показателей разница между контролем и опытом нивелируется и частично исчезает, в связи с чем представляется целесообразным рассматривать ЭКГ интервалы, учитывая особенности показателей каждого из участников исследования. Для этого общее количество кардиоциклов было распределено на 3 группы (по 250 КЦ) в зависимости от их длительности: 1 – с длительностью РР (полный КЦ) $\geq 1,00$ с (ЧСС – ≥ 60 уд/мин), 2 – с длительностью РР от 0,99 до 0,75 с (ЧСС – 61-79 уд/мин), 3 – с длительностью РР $\leq 0,74$ с (≤ 80 уд/мин).

Показатели электрической активности миокарда до и во время МН представлены в таблице 1.

Таблица 1
Межгрупповые показатели длительности (с) и соотношений (%) кардиоинтервалов у юношей до и во время ментальной нагрузки

Группа	Контроль					Ментальная нагрузка				
	РР, с	ТР		РТ		РР, с	ТР		РТ	
		с	%	с	%		с	%	с	%
1 $\geq 1,00$ с	1,24	0,67	54	0,57	46	0,73	0,21	29	0,52	71
	1,14	0,68	60	0,46	40	0,72	0,24	33	0,48	67
	1,12	0,59	53	0,53	47	0,75	0,26	35	0,49	65
	1,02	0,48	47	0,54	53	0,81	0,29	36	0,52	64
	1,02	0,56	55	0,46	45	0,65	0,24	37	0,41	63
M	1,11 *	0,60 *	54 *	0,51 *	46 *	0,73 * **	0,25 * **	34 * **	0,48	66 * **
SD	0,09	0,08	4,7	0,05	4,7	0,06	0,03	3,2	0,05	3,2
min	1,02	0,48	47	0,46	40	0,65	0,21	29	0,41	63

max	1,24	0,68	60	0,57	53	0,81	0,29	37	0,52	71
2	0,94	0,45	48	0,49	52	0,59	0,14	24	0,45	76
0,99-0,75	0,83	0,36	43	0,47	57	0,56	0,12	21	0,44	79
c	0,82	0,32	39	0,50	61	0,63	0,17	27	0,46	73
	0,78	0,28	36	0,50	64	0,60	0,13	22	0,47	78
	0,78	0,33	42	0,45	58	0,50	0,09	18	0,41	82
M	0,83*	0,35*	42	0,48	58	0,58**	0,13**	22**	0,45	78**
SD	0,07	0,06	4,5	0,02	4,5	0,05	0,03	3,4	0,02	3,4
min	0,78	0,28	36	0,45	52	0,50	0,09	18	0,41	73
max	0,94	0,45	48	0,50	64	0,63	0,17	27	0,47	82
3	0,70	0,27	39	0,43	61	0,58	0,15	23	0,43	77
≤0,74 c	0,67	0,27	40	0,40	60	0,46	0,06	13	0,40	87
	0,65	0,24	37	0,41	63	0,49	0,09	18	0,40	82
	0,60	0,15	25	0,45	75	0,51	0,08	16	0,43	84
	0,60	0,17	28	0,43	72	0,37	0,02	5	0,35	95
M	0,64	0,22	34	0,42	66	0,48**	0,08* *	15**	0,40	85**
SD	0,04	0,05	5,8	0,02	6,8	0,08	0,05	6,7	0,03	6,7
min	0,60	0,15	25	0,40	60	0,37	0,02	5	0,35	77
max	0,70	0,27	40	0,45	75	0,58	0,15	23	0,43	95

Примечание: * - разница достоверна при $p \geq 0,05$ между группами, ** - разница достоверна при $p < 0,05$ до и во время МН

Данные соответствуют средним показателям в контроле: ЧСС – 70 уд/мин, длительность РР – $0,86 \pm 0,2$ с, ТР – $0,39 \pm 0,2$ с, РТ – $0,47 \pm 0,05$ с. Проанализировав результаты по группам, установили, что в контроле длительность времени реполяризации (сегмент ТР) между 1 и 3 группами различаются почти в 3 раза, между 1 и 2 группами – на 42%, между 2 и 3 группами – на 37%. Исходя из данных стандартного отклонения ($\pm SD$, с), изменчивость сегмента ТР в группе 1 в 1,5 раза больше, чем в 3 группе и на 25% больше, чем во 2 группе. В группах 2 и 3 изменчивость находится практически на одном уровне.

Длительность времени деполяризации (интервал РТ) различается незначительно – от $0,51 \pm 0,05$ с (1 группа) до $0,42 \pm 0,02$ с (3 группа). Изменчивость, по данным $\pm SD$ (с), в 1 группе в 2 раза больше, чем во 2 и 3 группах.

Длительность общего кардиоцикла (интервал РР) в контроле различается в 1,5 раза – от $1,11 \pm 0,09$ с (1 группа) до $0,64 \pm 0,04$ с (3 группа). Продолжительность кардиоцикла различается между группами 1 и 3 на 42%, 1 и 2 – на 25%, 2 и 3 – на 23%. Изменчивость показателя, на основании стандартного отклонения, в 1 группе в 2 раза больше, чем в 3. Разница между 2 и 3 группами составила 43%.

При рассмотрении вклада в общий кардиоцикл (интервал РР) изопотенциального состояния (сегмент ТР) и состояния активации миокарда (интервал РТ) выявили, что до МН в 1 и 2 группах доля времени активации миокарда (АК) и изопотенциального состояния

(ИПС) занимают продолжительность всего кардиоцикла практически в равных долях. В то же время в 3 группе большую часть интервала РР (на 50 %) составляет доля интервала РТ (рис.1).

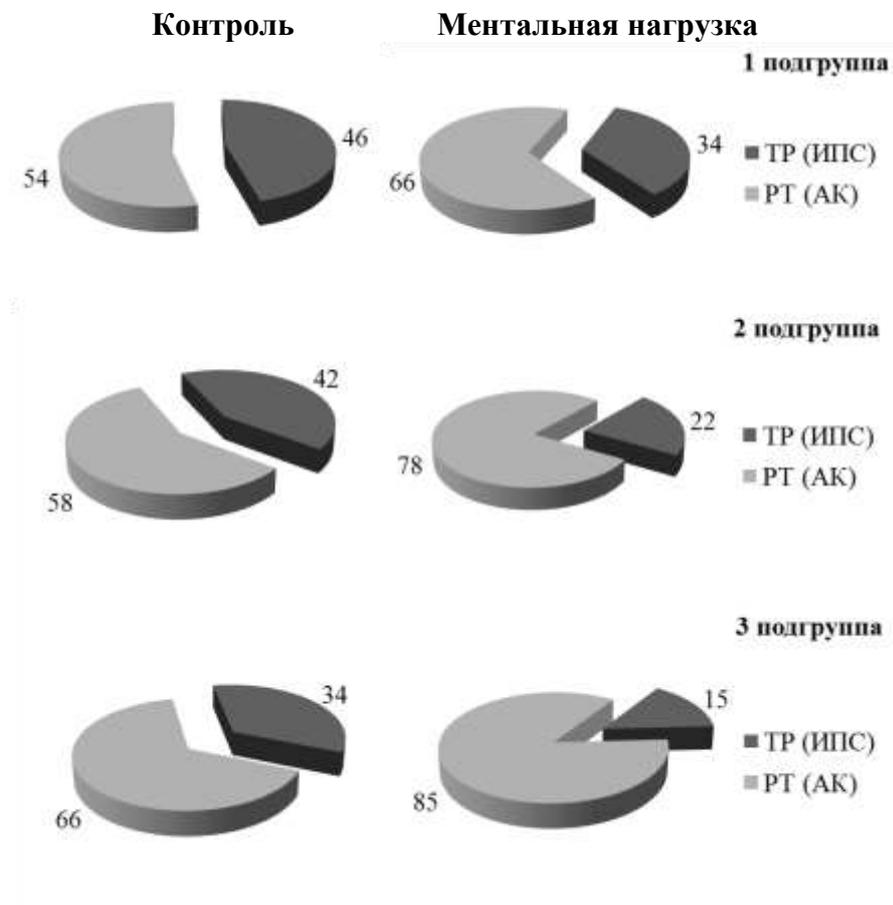


Рис. 1. Соотношения между относительными значениями TP (ИПС) и RT (АК) (% от РР) до и во время МН

Условия ментальной пробы приводят к снижению всего кардиоцикла (РР): в группе 1 - на 40%, в группе 2 - на 30%, в группе 3 - на 25%. При этом длительность фазы абсолютной рефрактерности (РТ) изменяется незначительно, а длительность фазы относительной рефрактерности (ТР) во всех 3 группах снижается примерно на 60% (таблица). Другими словами, изменение длительности РР в ответ на нагрузку происходит при активном сокращении длительности ТР и при менее значительном укорочении интервала РТ и зависит от исходной величины в контроле.

Во время МН различен также характер изменений пропорций (рисунок): в 1 и 2 группах доля РТ выросла в пределах 50%, доля ТР

при этом снизилась примерно на 47%. В 3 группе, в которой в абсолютных числах интервал РР после нагрузки снизился незначительно, пропорции АК и ИПС изменились на 29 и 56% соответственно. Несмотря на исходный уровень соотношений АК и ИПС, при МН их пределы пришли к одинаковому уровню в каждой из трех групп: предел АК (РТ) повышен до ~70-80%, предел ИПС (ТР) снижен до ~20-30%.

Проанализировав полученные в ходе исследования показатели сердечной активности, выявлено: чем больше длительность сегмента ТР (ИПС) в контроле, тем больше степень его изменения во время МН. Это обусловлено тем, что начало активации миокарда происходит в разное время, что связано с разной степенью возбудимости синоатриального узла и миокарда, от чего зависит разная длительность сегмента ТР.

Заключение. Обнаружено разное влияние сегмента ТР (ИПС) и интервала РТ (АК) на изменение интервала РР (кардиоцикл). По абсолютным величинам фаза абсолютной рефрактерности (РТ) – малоизменчива, но при этом ее относительный вклад в общую длительность кардиоцикла увеличивается. Этим интервал РТ усиливает свое влияние на общую вариабельность ритма сердца, тем самым уменьшая ее. С другой стороны, фаза относительной рефрактерности (ТР) может снижаться по максимуму и в абсолютных, и в относительных числах. Со стороны сегмента ТР наблюдается двойной эффект: уменьшается не только вариабельность самого показателя, но также и его вклад в кардиоцикл, отдавая свою долю влияния интервалу РТ, снижая тем самым свое влияние на вариабельность сердечного ритма. Таким образом, в заданных пределах условий проведенного нами исследования, и РТ (АК), и ТР (ИПС) служат определением ритма сердца и его вариабельности, но с большей степенью влияния со стороны сегмента ТР (ИПС).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что изменение электрофизиологических показателей сердечной деятельности во время МН проявляет прямую пропорциональную зависимость от фонового уровня. Чем больше длительность кардиоинтервалов (с), тем больше их изменение (%) во время нагрузки.

Авторы выражают благодарность главному научному сотруднику научно-исследовательской лаборатории "Проблемы гипоксии" ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина», заслуженному деятелю науки Российской Федерации и Республики Коми, доктору биологических наук, профессору Льву Исаковичу Иржаку за ценные советы и помощь в процессе подготовки публикации в журнале.

Список литературы

- Горелик В.В., Филиппова С.Н., Кнышева Т.П.* 2018. Особенности физиологических показателей школьников 7–12 лет при занятиях ментальной арифметикой, включающих физические упражнения с переключением внимания // Вестник Российского государственного медицинского университета. № 5. С. 53-61.
- Долабчян З.Л.* 1986. Основы клинической электрофизиологии и биофизики сердца. М.: Медицина. 476 с.
- Ефимова Н.В., Мыльникова И.В.* 2017. Влияние личностной тревожности на показатели variability ритма сердца у подростков при функциональных нагрузках // Журнал медико-биологических исследований. Т. 5. № 4. С. 21-31. doi: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.21
- Иванов Г.Г., Дворников В.Е., Сбеитан С.* 2007. Анализ показателей структуры variability ритма сердца у здоровых лиц по данным PP- и RR-интервалов // Вестник РУДН. Серия: Медицина. №4. С. 26-33.
- Иванов Г.Г.* 2007. Структура variability сердечного ритма при анализе PP- и RR-интервалов у больных с различными формами ИБС // Новые методы электрокардиографии / под ред. С.В. Грачева, Г.Г. Иванова, А.Л. Сыркина. М.: Техносфера. С. 518-549.
- Иржак Л.И., Русских Н.Г., Паришуква А.Н.* 2021. Variability временных и амплитудных показателей ЭКГ у людей пожилого и старческого возраста // Журнал медико-биологических исследований. № 4. С. 355-365.
- Иржак Л.И., Русских Н.Г.* 2021. Интервально-амплитудные показатели электрических свойств миокарда у человека при физической нагрузке // Физиология человека. Т. 27. № 2. С. 56-62.
- Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Кесель С.А., Мышьяков В.В.* 2013. Обоснование модели тестовых информационных нагрузок для изучения функционального состояния детей // Нов. исследования. № 3(36). С. 50-61.
- Панкова Н.Б.* 2013. Функциональные пробы для оценки состояния здоровых людей по variability сердечного ритма // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. Т. 99. № 6. С. 682–696.
- Покровский В.М.* 2007. Формирование ритма сердца в организме человека и животных. Краснодар: Кубань-Книга. 143 с.
- Розенталь С.Г., Сафина А.И.* 2015. Сравнительный анализ умственной работоспособности в разных возрастных группах // Учен. зап. Казанского университета. Серия: Естественные науки. №157 (3). С. 144–150.
- Русских Н.Г., Иржак Л.И.* 2018. Variability интервалов электрокардиограммы в ответ на ментальную пробу у юношей 18-19 лет // Журнал медико-биологических исследований. Т. 6. № 1. С. 35-40.
- Смирнов В.М.* 2007. Новое представление о механизме проведения возбуждения по рабочему миокарду // Российский кардиологический журнал. № 1(63). С. 74-76.
- Сорокин О.В., Ефименко В.Г., Титенко А.В.* 2012. Особенности дисперсии

RR, QT и TQ-периодов у подростков при проведении ортостатической пробы // Медицина и образование в Сибири. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/osobennosti-dispersii-rr-qt-i-tq-periodov-u-podrostkov-pri-provedenii-ortostaticheskoy-proby>. (дата обращения 20.08.2022).

Can I., Aytimir K., Kose S., Oto S. 2002. Physiological mechanisms influencing cardiac repolarization and QT interval // Cardiac electrophysiology reviews. Vol. 6. P. 278-281.

Kligfield P. 2006. Rethinking the exercise electrocardiogram // A.N.E. V. 11. P. 99-101.

DEPENDENCE OF CHANGES IN THE ELECTROPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF THE MYOCARDIA ON THE INITIAL LEVEL UNDER MENTAL LOAD

N.G. Russkikh, O.V. Rogachevskaya

Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar

1500 cardiocycles (CC) were registered in 15 young men aged 18-19 years. The total number of CCs is divided into 3 groups (250 CCs each) depending on their duration: 1 - with PP duration (full CC) ≥ 1.00 s (HR ≥ 60 bpm), 2 - with PP duration from 0,99 to 0,75 s (HR - 61-79 beats / min), 3 - with a duration of PP ≤ 0.74 s (≤ 80 beats / min). The results of the duration of the intervals of the PP, PT and the TP segment of the ECG, as well as the ratio of the phases of absolute and relative refractoriness in the general CC before and during the action of ML are presented. It was established that in the control, the duration of the PT interval (myocardial activation time, the phase of absolute refractoriness) is not very variable, ranging from 0.51 ± 0.05 s to 0.42 ± 0.02 s, i.e. within the error of the method, independent of the duration of the PP interval. The duration of the TP segment (isopotential state of the myocardium, phase of relative refractoriness) ranges between 0.60 ± 0.09 s and 0.22 ± 0.05 s. The longer the duration of the CC, the longer the phase of relative refractoriness. During ML, the duration of absolute refractoriness practically does not change, while the relative one decreases (0.25 ± 0.03 - 0.08 ± 0.05 s). At the same time, the ratio (%) of PT and TP in CC changes before and during exercise. Despite the initial level of the ratio of the time of activity of the cardiovascular system (AC) and the duration of the isopotential state of the cardiovascular system (IPS), with ML they achieve the same level of activity in each of the three groups: the limit of AC (PT) is increased to ~ 70-80 %, the limit of IPS (TP) is reduced to ~20-30%. These results indicate that changes in electrophysiological parameters depending on the stress situation during ML suggest a proportional dependence on the background level.

Keywords: *electrocardiography, myocardium, intervals, depolarization, repolarization, refractoriness phase, mental load, human.*

Об авторах:

РУССКИХ Надежда Геннадьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и физической культуры Института социальных технологий, старший научный сотрудник НИИ «Проблемы гипоксии» Медицинского института ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», 167000, Республика Коми, Сыктывкар, ул. Октябрьский проспект, д. 55, e-mail: rung76@mail.ru.

РОГАЧЕВСКАЯ Ольга Васильевна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и физической культуры Института социальных технологий ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», 167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Октябрьский проспект, д. 55, e-mail: roga-olga@mail.ru.

Русских Н.Г. Зависимость изменений электрофизиологических показателей миокарда от исходного уровня при ментальной нагрузке / Н.Г. Русских, О.В. Рогачевская // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 27-35.

Дата поступления рукописи в редакцию: 18.03.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 612.062
DOI: 10.26456/vtbio329

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И АДАПТАЦИОННЫЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ*

В.П. Мальцев, А.А. Говорухина, О.А. Мальков

Сургутский государственный педагогический университет, Сургут

Работа посвящена изучению особенностей функционального состояния и адаптационных резервов организма студентов вуза Северного региона с учетом типа вегетативной регуляции. У 50% обследованных студентов диагностировано оптимальное функциональное состояние. Напряжение регуляторных механизмов свойственно 29% обследованным студентам. Сниженное функциональное состояние и парадоксальная реакция на ортостаз отмечена у студентов с выраженным надсегментарным контуром регуляции.

Ключевые слова: *вариабельность ритма сердца, функциональное состояние, адаптационные резервы, тип вегетативной регуляции, студенты, Северный регион.*

Введение. Студенчество является особой перспективной социально-профессиональной группой населения формирующей основу человеческого капитала региона и обеспечивающей перспективное поддержание и развитие социально-экономического благополучия регионов и страны в целом (Епанчина, 2018 и др.; Макарова и др., 2021).

Совокупность социальных, психологических, физиологических факторов в рамках учебно-профессиональной деятельности может отрицательно сказываться на функциональном состоянии организма обучающихся и, как следствие, приводить к дезадаптивным проявлениям (Закирова и др. 2022; Tripska et. al., 2022). Адаптация молодого организма к условиям образовательной среды и гипоксическим природноклиматическим факторам северных территорий сопряжена с дисфункцией сердечно-сосудистой и

* Работа выполнена в рамках государственного задания Департамента образования ХМАО-Югры № 2020-146-23 «Сохранение и формирование человеческого капитала региона: персонификация образовательных и профессиональных траекторий здоровьесбережения»

респираторной систем, напряжением регуляторных систем организма (Варламова, Бойко, 2017; Шаламова и др., 2019).

Обладая различным адаптационным потенциалом, организм студентов по-разному реагирует на внешние воздействия и в итоге «цена» адаптации к факторам среды определяется состоянием регуляторных систем организма, в первую очередь - нейровегетативной регуляции (Баевский, Черникова, 2014; Никулина и др., 2017; Sztajzel, 2004). В этой связи важен не только комплексный интегративный подход в исследовании адаптационных изменений у студентов, но и учет индивидуальных особенностей типа вегетативной регуляции, позволяющий объективно выявлять и своевременно проводить коррекцию функциональных изменений организма студентов (Шлык, 2015; Аверьянова, Максимов, 2017).

Цель работы – выявление особенностей функционального состояния и адаптационных резервов организма студентов вуза Северного региона с учетом типа вегетативной регуляции.

Методика. Обследование выполнено на базе научно-исследовательской лаборатории «Биологические основы безопасности образовательного пространства» Сургутского государственного педагогического университета, г. Сургут, территории, приравненной к условиям Крайнего севера. Всего обследовано 429 студентов обоего пола 1-4 курсов в возрасте 17-21 года. Общая выборка дифференцирована с учетом типа вегетативной регуляции по классификации Шлык (2015) на 4 группы. В исследование включены показатели девушек, которые находились в фолликулиновой фазе менструального цикла. Обязательным условием включения в исследование явилось добровольное письменное информированное согласие.

Запись показателей variability сердечного ритма (BPC) обследованных проводили при помощи комплекса «ВНС-Микро» («Нейрософт», г. Иваново) в стандартизированных условиях в положении лежа на спине при спокойном дыхании, во втором стандартном отведении (5 мин.) – фоновая запись и в положении стоя (5 мин.) – активная ортостатическая проба (АОП). Из анализа исключены записи BPC отличные от синусного ритма. Анализировали временные показатели BPC: RRNN – средняя длительность RR-интервалов, мс; MxDMn - вариационный размах (мс); SI - индекс напряжения, усл. ед; и спектрального анализа BPC: TP - общая мощность спектра, мс²; относительная мощность спектра HF – в высокочастотном (%), LF – низкочастотном (%) и VLF - очень низкочастотном диапазонах (%), LF/HF - индекс симпатопарасимпатического баланса, усл. ед. Коэффициент 30:15 (усл. ед.)

позволил оценить реактивность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Результаты обрабатывали с помощью программы STATISTICA 7.0. В виду отсутствия нормальности распределения (тест Шапиро-Уилка) некоторых показателей данные представлены в виде медианы (Me) и 25–75 перцентилей (Q_{25} – Q_{75}). Анализ различий проводили с помощью непараметрического U–критерия Манна-Уитни, путем попарного сравнения исследуемых групп. Достоверность сдвига средних изучаемых значений определяли с помощью непараметрического W–критерия Вилкоксона для зависимых переменных. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены средние показатели нейровегетативного обеспечения сердечной деятельности с учетом ведущего типа вегетативной регуляции. При делении общей выборки на типы вегетативной регуляции межполовые показатели обследованных студентов не имели статистически значимых различий, что позволило представить результаты в обобщенном виде.

Таблица 1

Показатели вариабельности кардиоритма у студентов с разным типом вегетативной регуляции, Me (Q_{25} - Q_{75})

Показатели (ед. изм.)	1 тип (n=164)	2 тип (n=29)	3 тип (n=288)	4 тип (n=93)
Фон				
RRNN (мс)	743,0* (700,0-794,0)	665,0 (631,0-736,0)	845,5*▲■ (787,5-904,5)	965,0▲■ (887,0-1051,0)
MxDMn (мс)	202,5* (176,0-235,5)	112,0 (86,0-168,0)	338,5*▲■ (300,5-391,5)	528,0▲■ (470,0-607,0)
SI (усл. ед.)	154,8* (127,0-201,3)	404,5 (256,4-687,7)	56,3*▲■ (42,6-75,7)	21,7▲■ (17,4-26,5)
TP (мс ²)	1302,0 * (1075,0-1703,0)	486 (381,0-706,0)	3687,0*▲■ (2847,0-4936,5)	8869,0▲■ (6947,0-13103,0)
HF, (%)	28,2 (20,4-37,7)	24,9 (16,8-41,3)	41,5*▲■ (30,0-51,6)	50,8▲■ (39,1-63,1)
LF, (%)	28,9* (22,0-37,7)	35,3 (25,1-43,2)	25,8*▲■ (19,6-32,4)	21,9▲■ (17,2-29,6)
VLF, (%)	39,5* (30,8-51,2)	34,7 (19,7-44,6)	29,9*▲ (21,4-40,8)	20,8▲■ (13,5-33,7)
LF/HF (усл. ед.)	1,07 (0,71-1,74)	1,26 (0,58-2,79)	0,64*▲■ (0,42-1,03)	0,43▲■ (0,29-0,69)
АОП				
RRNN (мс)	602,0* (548,0-650,0)	569,0 (531,0-612,0)	635,0*▲■ (583,0-697,0)	687,0▲■ (634,0-742,0)
MxDMn (мс)	178,5 (130,5-217,0)	168,0 (119,0-200,0)	226,5*▲■ (168,0-272,5)	278,0▲■ (219,0-327,0)

SI (усл. ед.)	248,6* (162,7-386,9)	294,0 (220,5-577,0)	155,0*▲■ (96,9-261,6)	110,3▲■ (▲,8-161,1)
TP (мс2)	1243,0 * (666,0-1800,0)	958 (492,0-1473,0)	1912,0*▲■ (1089,5-2833,5)	2652,0▲■ (1822,0-4122,0)
HF, (%)	10,2 (7,0-15,0)	9,8 (7,0-14,8)	10,7* (7,5-15,6)	12,1▲■ (8,6-17,3)
LF, (%)	45,5 (36,2-57,1)	49,9 (36,4-59,5)	45,1 (34,2-56,2)	46,7▲■ (36,8-53,4)
VLF, (%)	40,6 (29,3-53,6)	38,2 (28,5-53,0)	41,8 (29,0-54,7)	38,0 (30,2-47,1)
LF/HF (усл. ед.)	4,5 (2,8-6,6)	4,4 (3,5-6,9)	4,1 (2,4-6,6)	3,9 (2,4-5,4)
K 30 :15 (усл. ед.)	1,31 (1,16-1,42)	1,25 (1,12-1,41)	1,34▲■ (1,22-1,54)	1,42▲■ (1,25-1,57)

Примечание: * – достоверные различия между 1 и 2, 3 и 4 группами ($p < 0,05$); ▲ – достоверные различия между 1 и 3, 1 и 4 группами ($p < 0,05$); ■ – достоверные различия между 2 и 3, 2 и 4 группами ($p < 0,05$).

Анализируя распределение студентов по типам вегетативной регуляции важно отметить, что средовообусловленные типы (второй и четвертый) диагностированы у пятой части выборки (21%). Из них лишь у 5% студентов отмечается тип с выраженным надсегментарным контуром симпатoadреналовой активности ВРС. У 16% когорты обследования выявлен выраженный сегментарный контур регуляции (вагусная модуляция ритма сердца). У преобладающего большинства обследованных диагностированы генетически обусловленные типы с умеренным выражением сегментарного (50%) и надсегментарного (29%) контура регуляции. Проведенное исследование, анализирующее особенности ВРС у молодых людей ХМАО-Югры (Литовченко и др., 2021), позволило на минимальной когорте студентов юношей медицинского направления обучения установить преобладание умеренного надсегментарного контура регуляции, диагностированного в 50% случаев, что отлично от полученных нами результатов.

Табличные данные фоновых показателей, констатируют сниженное функциональное состояние организма студентов с преобладанием надсегментарного контура регуляции кардиоритма (первый и второй средовообусловленный тип регуляции ВРС). Средняя продолжительность кардиоритма в состоянии покоя у студентов первого и второго типа эквивалентна ЧСС 80 уд/мин и 88 уд/мин соответственно. При этом медиальные показатели RRNN студентов четвертого типа соответствуют ЧСС 61 уд/мин, а третьего – 72 уд/мин. Различия статистически значимы (при $p < 0,001$). Показатели вариативности кардиоритмограммы ($MxDMn$) статистически значимо меньше, а индекс напряжения (SI) соответственно больше у студентов с первым типом в 1,5 раза и 2,5 раза соответственно (при $p < 0,001$); у

второго – примерно в 3 раза и 7 раза соответственно (при $p < 0,001$) по сравнению со средними значениями показателей студентов с третьим типом регуляции.

Общая мощность спектра (TP) ВРС у студентов со вторым типом нейровегетативной регуляции существенно снижен, у студентов первого типа TP ниже нормативных значений (2500 - 4500 мс²) и статистически меньше групп обследования с сегментарными контурами регуляции 3-го и 4-го типов (при $p < 0,001$). В целом полученные результаты нашего исследования согласуются с данными Аверьяновой и др. (2017), отражающими особенности нейровегетативной регуляции с разными типами гемодинамики у молодых жителей северо-востока России. Авторы констатируют, что лицам с нормотоническим типом регуляции свойственен баланс регуляторных влияний отделов вегетативной нервной системы (ВНС) на кардиоритм и соответствие нормативным значениям общей мощности спектра (TP).

В виду того, что абсолютные показатели средних значений спектральных показателей в диапазоне высоких, низких и очень низких частот у групп с разным типом вегетативной регуляции различаются в 2-9 раз, в таблице 1 представлены относительные величины изучаемых показателей. В отличие от студентов с автономными контурами регуляции кардиоритма (3 и 4 типы), у которых отмечается относительное преобладание ваготонической модуляции в состоянии покоя, у студентов 1 и 2 типа отмечено превалирование LF и VLF -волн, отражающих модуляцию симпатического отдела вегетативной нервной системы и церебрально-эрготропного влияния на ритм сердца. Важно отметить, что средние показатели баланса отделов вегетативной регуляции не превышают или существенно ниже референтных значений (1,5-2,0 усл. ед.).

Следует отметить, что в состоянии относительного покоя в волновой структуре спектра обследованных студентов не наблюдается выраженного преобладания мощности очень низкочастотного компонента (VLF), что свидетельствует об отсутствии стресс индуцирующего влияния на ВРС.

Орто статическая проба выступает объективным методом оценки реактивности парасимпатического отдела ВНС и определения эффективности механизмов регуляции в ответ на минимальную нагрузку – физический стресс-стимул для организма (Шлык, 2015; Михайлов, 2017; Garcia et al., 2022). Оптимальным механизмом регуляторных изменений в ответ на АОП является выраженное снижение активности парасимпатического отдела при активации симпатического сегментарного контура регуляции ВНС. Данные изменения находят свое отражение в уменьшении значения RRNN,

показателей вариативности кардиоинтервалов (MxDMn), общей мощности спектра (TP) и высокочастотного диапазона спектра (HF), и согласованном увеличении значений низкочастотного диапазона (LF) стресс индекса (SI) и увеличение показателей баланса отделов ВНС в 3-7 раз (Михайлов, 2017).

Анализируя обобщенные средние показатели ОАП (см. табл. 1) и значения сдвига показателей при ОАП по сравнению с фоном (см. табл. 2), можно констатировать, что вышеописанные механизмы оптимального функционирования нейровегетативной регуляции характерны для студентов третьего и четвертого типов. В свою очередь как отмечают Михайлов (2017) наиболее благоприятный (эффективный) механизм обусловлен изменением волновой структуры спектра: снижение дыхательных высокочастотных волн при синергетическом повышении вазомоторных низкочастотных волн, при этом изменения волн очень низкочастотного компонента спектра ВРС, отражающего эрготропно-метаболический уровень регуляции, не должен претерпевать значительных изменений.

Таблица 2

Изменения показателей прироста кардиоритма у студентов с разным типом вегетативной регуляции, Me (Q₂₅ - Q₇₅)

ТИП шлык	1 тип (n=164)	2 тип (n=29)	3 тип (n=288)	4 тип (n=93)
RRNN (мс)	-20 p<0,001	-17 p<0,001	-24 p<0,001	-29 p<0,001
MxDMn (мс)	-12 p<0,001	18 p=0,05	-35 p<0,001	-47 p<0,001
SI	78 p<0,001	-13 p=0,07	253 p<0,001	508 p<0,001
TP (мс ²)	-1 p=0,06	10 p=0,008	-45 p<0,001	-62 p<0,001
%HF	-59 p<0,001	-64 p<0,001	-69 p<0,001	-72 p<0,001
%LF	55 p<0,001	39 p<0,001	71 p<0,001	88 p<0,001
%VLF	2 p=0,7	19 p=0,4	29 p<0,001	64 p<0,001
LF/HF	276 p<0,001	195 p<0,001	507 p<0,001	518 p<0,001

Результаты нашего исследования показывают, что у студентов четвертой группы для обеспечения регуляции сердечной деятельности (барорефлекторной функции поддержания кровяного давления) отмечается более выраженная активация гуморально-метаболического

контура регуляции: VLF-компонент в относительном выражении у студентов четвертой группы увеличивается в два раза больше по сравнению со студентами третьей группы. При этом у лиц четвертой группы отмечается наибольшая выраженность динамики показателей при АОП, что может свидетельствовать о большей активированности и энергообеспечении элементарной физической стресс-деятельности организма.

В то же время исследования Гарсия и др. (Garcia et al., 2022) констатировали, что ваготонический тип регуляции по сравнению с нормотониками показал более высокую хронотропную и парасимпатическую модуляцию в покое, более высокий хронотропный резерв, парасимпатическое «отключение» во время теста с субмаксимальной нагрузкой и более быструю реактивацию ЧСС и парасимпатической реактивации после усилий у молодых физически активных мужчин.

Обращает на себя внимание изменение средних показателей второй группы студентов при активной ортостатической пробе, которые характеризуют дизрегуляторные проявления по типу парадоксальной реакции регуляторных систем при смене горизонтального на вертикальное положение тела. Механизм парадоксальной реакции на ортостаз характеризуется увеличением разброса кардиоинтервалов (можно констатировать по показателям MxDMn), а также ростом вместо снижения показателей TP и уменьшением стресс индекса (SI) вместо должного увеличения. При этом статистически значимое увеличение LF-компонента и относительное увеличение VLF-компонента, скорее всего обусловлен эрготропной модуляцией подкорковых центров и гуморально-метаболическими процессами. Полученные данные свидетельствует о выраженном истощении адаптационных резервов и, вероятно, поломке регуляторных механизмов на фоне исходного (фоновое) напряжения регуляторных систем.

У студентов с умеренным надсегментарным контуром регуляции ВНС отмечается напряжение регуляторных систем при ортостазе, что находит свое отражение в относительной стабильности общей мощности спектра и менее выраженному изменению направленности вазомоторных волн (LF) при изменении тела обследованных. Увеличение баланса LF/HF при ортостазе происходит примерно в 2,5 раза, что, согласно данным Михайлова (2017), можно рассматривать как симпатoadреналовую недостаточность при ортостазе. У молодых людей увеличение симпатoadреналовой активности при ортостазе по показателю баланса LF/HF должно происходить в 3-7 раз.

Наименьшая реактивность парасимпатического отдела ВНС диагностированная по значению коэффициента 30/15 отмечена у студентов с симпатическим контуром регуляции. При этом сниженная реактивность соответствующая недостаточности возвращающих в норму механизмов при ортостатзе диагностирована у лиц второй группы, что согласуется с вышеописанными результатами.

Базовый механизм регуляции кардиоритма симпатикотоников описанный Баевским, Черниковой (2014), характеризует снижение модулирующего влияния автономного сегментарного контура регуляции и возрастание модуляции центральных структур ВРС, что обуславливает снижение мобилизационных резервов организма и увеличивает «цену» профессиональной деятельности. При этом исследования Шлык (2015) и Спицына (2017), констатируют, что длительное напряжение вазомоторного центра ствола мозга и возрастание модулирующих надсегментарных влияний на кардиоритм способно приводить к структурным изменениям электрической функции кардиомиоцитов проводящей системы сердца.

Заключение. Обобщая результаты исследования, можно констатировать, что преобладающему большинству обследованных студентов (50%), обучающихся в гипокомфортных природно-климатических условиях Севера, свойственно оптимальное функциональное состояние и адекватные запросам среды резервы адаптации за счет нормотонических регуляторных процессов (третий тип вегетативной регуляции).

Первый тип нейровегетативной регуляции характеризуется границей условной нормы и определяет относительное напряжение функционального состояния организма обследованных и относительно сниженные резервы адаптации организма обследованных студентов.

Наиболее неблагоприятный второй тип нейровегетативной регуляции, характеризуется выраженным симпатикотоническим профилем, с превалированием надсегментарного контура регуляции встречается у 5% обследованных. Чрезмерное симпатoadреналовое обеспечение регуляторных процессов значительно мобилизует и тратит энергетические резервы, значительно увеличивает «цену» адаптации и приводит к напряжению регуляции. Нейровегетативные реакции на ортостаз по типу парадоксального реагирования в данной когорте студентов, характеризуют поломку оптимизирующей деятельность механизмов регуляции и требует динамического контроля за функциональным состоянием и обеспечение здоровьесберегающих мероприятий.

Среди лиц с четвертым типом вегетативной регуляции, характеризующихся выраженным парасимпатическим контролем ВРС, важно уделять внимание показателям с высокой активированностью и

реактивностью вагаторического обеспечения. Чрезмерная активация парасимпатического отдела ВНС может свидетельствовать об выраженном аккумуляровании и сниженной мобилизации энергетических резервов.

Список литературы

- Аверьянова И.В., Максимов А.Л.* 2017. Особенности сердечно-сосудистой системы и вариабельности кардиоритма у юношей Магаданской области с различными типами гемодинамики // *Вестник Томского государственного университета. Биология.* № 3. С. 132-149.
- Баевский Р.М., Черникова А.Г.* 2014. Оценка адаптационного риска в системе индивидуального донологического контроля // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* Т. 100. № 10. С. 1180-1194.
- Варламова Н.Г., Бойко Е.Р.* 2017. Особенности функции внешнего дыхания у северян в годовом цикле // *Морская медицина.* Т. 3. № 3. С. 43-49.
- Епанчинцева Г.А., Козловская Т.Н.* 2018. Студенчество как социально-психологическая общность // *Вестник Оренбургского государственного университета.* № 2 (214). С. 66-69.
- Закирова А.И., Гостановский А.В., Литовченко О.Г.* 2022. Проблема состояния здоровья студенческой молодежи в условиях севера // *Эколого-физиологические проблемы адаптации : материалы XIX симпозиума с международным участием.* М.: РУДН. С. 82-83.
- Литовченко О.Г., Максимова А.С., Чирков А.А.* 2021. Особенности вариабельности сердечного ритма у молодых спортсменов-волейболистов Ханты-Мансийского автономного округа-югры // *Современные вопросы биомедицины.* Т. 5. №. 4 (17). С. 194-204.
- Макарова Н.В., Лифанов Н.А., Колупаев В.А.* 2021. Сравнительная оценка вариабельности ритма сердца студентов основной медицинской группы в условиях относительного покоя // *Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта.* № 1(191). С. 205-211.
- Михайлов В.М.* 2017. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). Иваново: ООО «Нейрософт». 516 с.
- Никулина А.В., Козлов В.А., Шуканов А.А.* 2017. Изменчивость вариабельности сердечного ритма как отражение реализации физиологических механизмов адаптации организма // *Человек. Спорт. Медицина.* Т. 17. № 4. С. 14-20. DOI: 10.14529/hsm170402
- Спицин А.П.* 2017. Особенности структуры сердечного ритма у лиц молодого возраста в зависимости от доминирующего типа

- вегетативной нервной системы // Курский научно - практический вестник «Человек и его здоровье». № 3. С. 113-117.
- Шаламова Е.Ю., Рагозин О.Н., Бочкарев М.В.* 2019. Дезадаптивные реакции сердечно-сосудистой системы во взаимосвязи с функцией сна и копинг-поведением у студентов северного медицинского вуза // Артериальная гипертензия. Т. 25. №. 2. С. 176-190.
- Шлык Н.И.* 2015. Экспресс-оценка функциональной готовности организма спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) // Наука и спорт: современные тенденции. Т. 9. №. 4. С. 5-15.
- Garcia G.L., Porto L.G.G, da Cruz C.J.G, Molina G.E.* 2022. Can resting heart rate explain the heart rate and parasympathetic responses during rest, exercise, and recovery? // Plos One. V. 17(12): e 0277848. doi:10.1371/journal.pone.0277848
- Sztajzel J.* 2004. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system // Swiss Med Wkly. V. 134(35-36). P. 514-522.
- Tripska K., Draessler J., Pokladnikova J.* 2022. Heart rate variability, perceived stress and willingness to seek counselling in undergraduate students // J. Psychosom Res. V. 160:110972. doi:10.1016/j.jpsychores.2022.110972

FUNCTIONAL STATE AND ADAPTATION RESERVES OF STUDENTS WITH DIFFERENT TYPES OF VEGETATIVE REGULATION

V.P. Maltsev, A.A. Govorukhina, O.A. Malkov
Surgut State Pedagogical University, Surgut

The study was aimed to find out the features of functional condition and adaptive reserves of organism of students of the North region university taking into account the type of vegetative regulation. The optimum functional state was diagnosed in 50% of the examined students. Tension of regulatory mechanisms was characteristic to 29% of surveyed students. Students with marked sympathoadrenal regulation displayed the decreased functional state and paradoxical reaction on orthostasis.

Keywords: *heart rate variability, functional state, adaptive reserves, type of vegetative regulation, students, Northern region.*

Об авторах:

МАЛЬЦЕВ Виктор Петрович – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, БУ ВО «Сургутский государственный педагогический университет». 628400, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, e-mail: mal585@mail.ru.

ГОВОРУХИНА Алена Анатольевна – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, БУ ВО «Сургутский государственный педагогический университет». 628400, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, e-mail: govalena@mail.ru.

МАЛЬКОВ Олег Алексеевич – доктор медицинских наук, доцент заведующий научной лабораторией «Биологические основы безопасности образовательного пространства», БУ ВО «Сургутский государственный педагогический университет». 628400, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, e-mail: maosurgpu@gmail.com.

Мальцев В.П. Функциональное состояние и адаптационные резервы организма студентов в зависимости типа вегетативной регуляции / В.П. Мальцев, А.А. Говорухина, О.А. Мальков // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 36-46.

Дата поступления рукописи в редакцию: 01.02.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 612.763+612.743
DOI: 10.26456/vtbio330

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛОКОМОЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕСКОЖНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА*

С.А. Моисеев

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта,
Великие Луки

Изучали кинематические синергии при произвольных локомоциях и шагоподобных движениях, инициируемых чрескожной электрической стимуляцией спинного мозга. Показано высокое сходство пространственной структуры синергии при существенных различиях степени вовлечения в неё различных сегментов нижних конечностей. Наблюдаемые различия связаны с преимущественным воздействием чрескожной электрической стимуляции на ритмогенерирующую часть спинальной нейрональной сети, при этом паттернообразующая ее часть остается более стабильной.

Ключевые слова: кинематические синергии, локомоции, электростимуляция спинного мозга, управление движением.

Введение. Одна из существующих на сегодняшний день концепций двигательного контроля развивает представление о координации, как о механизме преодоления избыточности степеней свободы, путем объединения управляемых элементов системы в модули меньшей размерности и превращение таких образований в управляемую систему – синергии (Ting, Macpherson, 2004; Latash, 2020). В рамках концепции ведется обширная работа в нескольких направлениях, включающих рассмотрение синергий на разных уровнях их организации и различных аспектов двигательного контроля – постурального, локомоторного и произвольного. Центральной идеей концепции является представление о том, что управляющая система контролирует многочисленные степени свободы (углы, усилия и мышечные активации) так, чтобы стабилизировать важные для успешной реализации двигательной задачи переменные (Scholz, Schöner, 1999; Latash, 2020).

На кинематическом уровне исследования синергетические

* Финансирование осуществлено в рамках плановой работы ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта»

эффекты обнаруживаются при рассмотрении локомоций, постуральных задач, а также сложных по координации двигательных актов. Постулируют, что кинематические синергии могут быть частью решения проблемы избыточности степеней свободы на кинематическом уровне двигательной системы человека. Кроме того, ЦНС обладает способностью настраивать кинематические синергии в соответствии с изменяющимися требованиями двигательной задачи (Александров, Фролов, 2010; Stetter et al, 2020).

Известно, что в структуре спинальной нейрональной сети, осуществляющей управление локомоторной активностью человека, существует две независимые части (сети). Одна из них направлена на формирование кинематического паттерна характерного стереотипного движения, определяющая соотношение активации мышечных групп в структуре бегового или шагательного цикла – паттернообразующая. Вторая призвана контролировать временные параметры движений – ритмогенерирующая (Hogan, Sternad, 2007). Подход к изучению двигательных синергий с применением методов факторизации данных позволяет объективно рассматривать обе составляющие системы управления, однако, применение такого подхода в рамках концепции модульной организации двигательного контроля при рассмотрении кинематической структуры движений ранее не применялся.

В связи с этим цель работы заключалась в изучении особенностей кинематической структуры локомоций при их модуляции посредством электрической стимуляции спинного мозга. Предполагалось, что произвольные и вызванные стимуляционным воздействием на структуры спинного мозга, локомоции могут иметь схожие пространственно-временные паттерны синергетического взаимодействия на кинематическом уровне. Полученные результаты позволят расширить существующие представления об иерархической организации управления двигательной активностью человека и дадут возможность приблизиться к пониманию того, как параметры двигательной задачи кодируются в структуре синергий. Кроме того такие сведения могут быть полезны при решении прикладных вопросов совершенствования широкого спектра специализированных двигательных навыков в спортивной и трудовой деятельности.

Методика. В исследовании приняли участие 8 здоровых мужчин в возрасте от 21 до 30 лет. Исследования проведены на базе научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта. Все эксперименты проведены с соблюдением требований и принципов биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинской декларации 1964 г., и одобрены локальным биоэтическим комитетом.

Каждый участник представил добровольное письменное информированное согласие на участие в исследованиях. Испытуемые располагались в горизонтальной вывеске нижних конечностей на левом боку (Minyaeva et al., 2017). Условия эксперимента включали выполнение произвольных локомоций без стимуляционного воздействия и при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ). В анализ включали не менее 6 полных шагательных циклов (шагоподобных движений при ЧЭССМ), определяемых по крайним положениям плюсневой антропометрической точки правой ноги по сагиттальной оси.

ЧЭССМ наносилась стимулятором Биокин ЭС-5 (ООО «Косима», Россия). Стимулирующий электрод располагался между позвонками T11 и T12, два анода – симметрично над гребнями подвздошных костей, частота стимуляции – 30 Гц. Сила тока стимуляции подбиралась индивидуально и находилась в диапазоне от 30 до 90 мА. Как правило, ее было достаточно, чтобы вызвать шагоподобные движения у испытуемых (Gorodnichev et al., 2012).

Видеозахват движений сегментов тела нижних конечностей осуществлялся при помощи системы Qualisys (Швеция). Частота дискретизации составляла 500 Гц. Светоотражающие маркеры размещались на следующих антропометрических точках: плюсневой, нижеберцовой, вышеберцовой, вертельной. Оцифрованные данные (координаты антропометрических точек, скорости, ускорения, величины суставных углов) экспортировали в систему Statistica 10.0 для дальнейшего анализа. Формировали матрицу исходных данных (X), размерностью ($I \times J$), где I – число отсчетов (мгновенных измерений), а J – число независимых переменных. Переменными являлись названные выше кинематические параметры соответствующих антропометрических точек. Кроме этого матрица включала вспомогательные переменные, призванные идентифицировать граничные моменты шагательного цикла и прочие условия.

Извлечение кинематических синергий реализовывали с помощью метода главных компонент, используя стандартный модуль Statistica «Advanced/Multivariate – PCA». Исходная матрица X разлагалась на произведение двух матриц: $X = T \times P + E$, где T – матрица счетов, P – матрица нагрузок, E – матрица остатков. Рассматривали компоненты – кинематические синергии (КинС), имеющие собственные значения больше единицы и учитывающие не менее 10% общей дисперсии. Анализировали количество извлекаемых компонент, процент общей дисперсии (VAF), нагрузки (loadings) и коэффициенты активации (scores). Нагрузки показывают степень взаимосвязи рассматриваемых компонент в синергии (от 0 до 1), а коэффициенты

активации отражают динамику изменений внутри каждого компонента (Moiseev et al., 2022). Сравнение нагрузок и коэффициентов активации КинС выполняли с помощью дисперсионного (ANOVA) и кросскорреляционного анализа. Математико-статистическая обработка данных включала расчет среднего арифметического (M), ошибки среднего арифметического (SE), стандартного отклонения (SD).

Результаты и обсуждение. Установлено, что амплитуда движений нижеберцовой и плюсневой антропометрических точек правой ноги в среднем по группе ниже при шагоподобных движениях, вызываемых ЧЭССМ, чем при произвольных на 11,68 и 8,14 % соответственно (табл. 1). При этом отмечена большая амплитуда правой вертельной точки, но не достоверно ($P>0,05$).

Таблица 1

Амплитуда движений антропометрических точек (мм) по сагиттальной оси при произвольных локомоциях и при ЧЭССМ, $M\pm m$

Антр. точка	ПРЗВ	СТИМ	Δ %	P
Вертельная пр.	64,76 \pm 2,55	88,66 \pm 3,52	36,91	>0,05
Верхнеберцовая пр.	352,12 \pm 6,09	367,35 \pm 7,31	4,33	>0,05
Нижнеберцовая пр.	731,5 \pm 5,88	646,06 \pm 6,33	-11,68	<0,05
Плюсневая пр.	902,46 \pm 3,29	829,03 \pm 3,68	-8,14	<0,05
Верхнеберцовая лев.	286,04 \pm 12,72	307,93 \pm 1,72	7,65	>0,05
Нижнеберцовая лев.	591,38 \pm 16,13	589,65 \pm 16,89	-0,29	>0,05
Плюсневая лев.	783,36 \pm 19,03	771,27 \pm 21,82	-1,54	>0,05

Существенных различий величин суставных углов в разных экспериментальных условиях выявлено не было, отмечалась лишь незначительная разница амплитуды движений в голеностопных суставах, не превышающая 7,10 % ($P>0,05$). Наиболее значимые различия наблюдались при сопоставлении скорости перемещений точек сегментов тела (табл. 2). Так, при ЧЭССМ регистрировалась значительно меньшая скорость, практически всех сегментов правой нижней конечности, где разница достигала 35,35 %. Несколько меньшая скорость наблюдалась и при рассмотрении антропометрических точек левой ноги. Аналогичная картина была и по показателю ускорения антропометрических точек, где разница составляла от 4,84 % до 21,44 %, в большей степени выраженная в нижеберцовой и плюсневой точках правой нижней конечности ($P>0,05$).

Таблица 2

Средняя скорость антропометрических точек (мм/с) по сагиттальной оси при произвольных локомоциях и при ЧЭССМ, $M \pm m$

Антр. точка	ПРЗВ	СТИМ	Δ %	P
Вертельная пр.	49,11±1,54	34,38±1,36	-29,99	<0,05
Верхнеберцовая пр.	311,8±4,4	234,88±5,51	-24,67	<0,05
Нижнеберцовая пр.	639,78±12,97	418,41±14,13	-34,60	<0,05
Плюсовая пр.	786,43±16,89	508,41±18,22	-35,35	<0,05
Верхнеберцовая лев.	237,35±5,33	222,54±4,53	-6,24	>0,05
Нижнеберцовая лев.	511,09±11,16	459,64±5,42	-10,07	<0,05
Плюсовая лев.	631,53±16,88	558,15±8,9	-11,62	<0,05

Таким образом, сравнение структуры локомоций в условиях их произвольного выполнения и при ЧЭССМ, показывает существенные различия в показателях скорости и ускорений антропометрических точек, при этом, амплитуда движений сегментов тела и суставных углов практически не различается.

Исходя из цели работы были проанализированы пространственно-временные характеристики КинС. В результате было выявлено два компонента (синергии), извлеченных из всех кинематических данных. Процент объясняемой дисперсии при сравнении произвольных и вызванных ЧЭССМ локомоций существенно различался при рассмотрении скорости и амплитуды движений суставных углов, причем при стимуляции отмечались более высокие значения, достигающие 88 %. Это свидетельствует о том, что структура локомоторного цикла, инициируемая ЧЭССМ, обладает большей стабильностью и высокой воспроизводимостью в сравнении с произвольно выполняемыми локомоциями.

В первую очередь обращает на себя внимание четкая дифференциация нагрузок КинС перемещений точек левой и правой нижних конечностей (рис. 1А). При стимуляции сохраняется характерная картина, однако отмечаются более низкие коэффициенты при ЧЭССМ. Аналогичная картина наблюдается и во второй синергии. Таким образом кинематический рисунок локомоций остается стабильным и в значительной степени схожим при произвольной ходьбе и при локомоциях, инициируемых ЧЭССМ. Сходство векторов синергии находилось в диапазоне $0,98 \pm 0,14$ в первой синергии и $0,70 \pm 0,09$ во второй. Это свидетельствует о том, что стимуляция не затрагивает или незначительно воздействует на паттернообразующую часть нейрональной сети, регулирующей шагательный цикл. При рассмотрении КинС скоростей антропометрических точек

установлены существенные различия коэффициентов нагрузок и векторов КинС (рис. 1Б). Сходство векторов синергии здесь не превышало $0,77 \pm 0,04$ для первой синергии и $0,04 \pm 0,01$ для второй. Анализируя кинематические нагрузки и векторы синергий суставных углов существенные различия коэффициентов нагрузок коленного и тазобедренного суставов правой ноги ($P > 0,05$), а наибольшие коэффициенты регистрировались в голеностопных суставах обеих нижних конечностей.

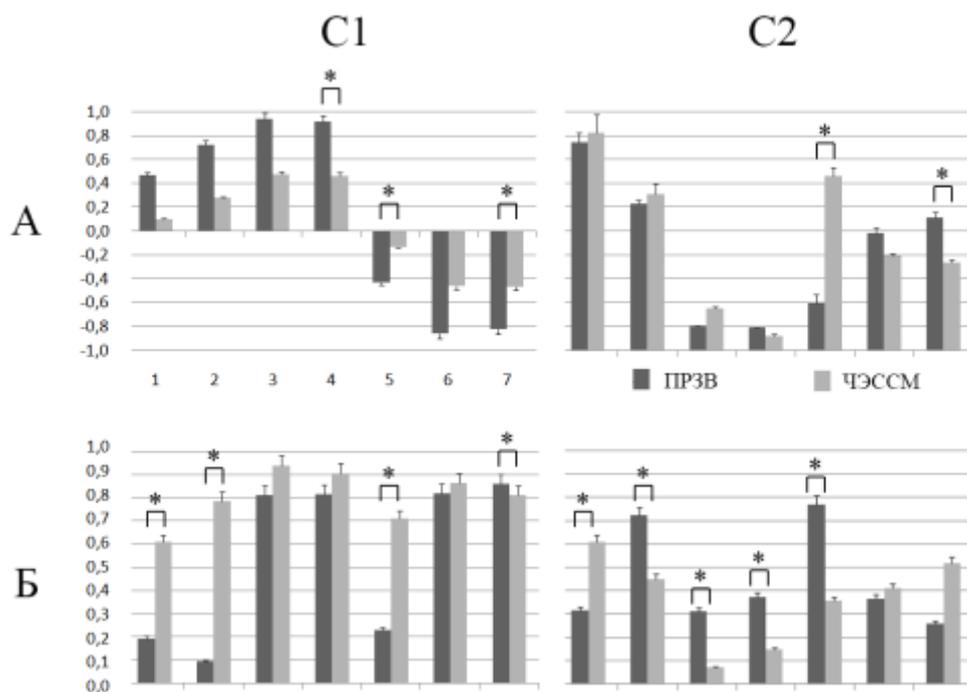


Рис. 1. Нагрузки и векторы КинС в условиях произвольных локомоций и вызываемых ЧЭССМ: А – КинС перемещений антропометрических точек, Б – КинС скоростей. С1,2 – номер синергии. 1 – вертельная пр., 2 – верхнеберцовая пр., 3 – нижеберцовая пр., 4 – плюсовая пр., 5 – верхнеберцовая лев., 6 – нижеберцовая лев., 7 – плюсовая лев. * – достоверно, при $P < 0,05$

Временная структура КинС, извлеченных из различных наборов данных, включающих данные о величинах перемещений, скоростей и ускорений антропометрических точек представлены на рисунке 2. Обращает на себя внимание высокое соответствие коэффициентов активации первой синергии при произвольных локомоциях и вызываемых ЧЭССМ. Так, коэффициенты соответствия превышали $0,92 \pm 0,11$, а с учетом разделения локомоторного цикла на две части, ориентируясь на направление движения можно говорить об очень высоком соответствии временной структуры – более $0,99 \pm 0,01$ (рис. 2А). КинС скоростей антропометрических точек сегментов тела

демонстрировали низкое соответствие в разных экспериментальных условиях. Можно отметить несколько большее соответствие коэффициентов активации второй синергии в первой половине шагательного цикла (рис. 2Б). КинС ускорений не демонстрировали динамики изменений в процессе цикла шага, а различия при сравнении их в условиях произвольной ходьбы и при ЧЭССМ оказывались существенными. Сравнение коэффициентов активации КинС амплитуды движений суставных углов показало высокое их сходство, также в большей степени проявляющееся в первой половине цикла шага – более $0,99 \pm 0,02$.

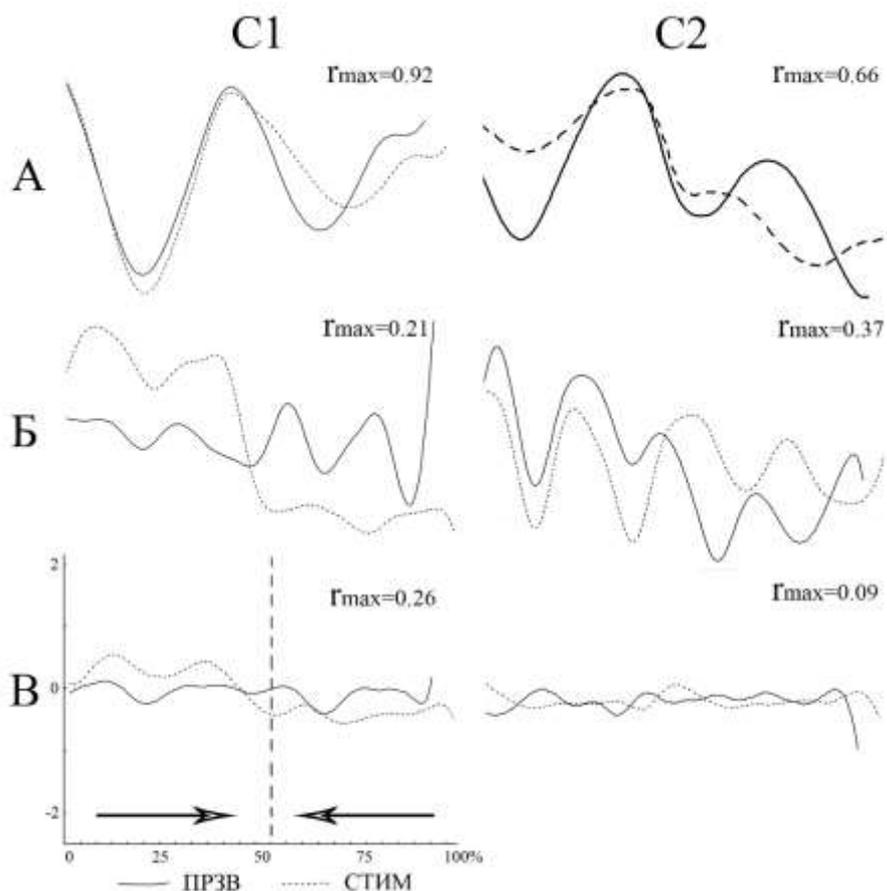


Рис. 2. Коэффициенты активации КинС при произвольных и вызываемых ЧЭССМ локомоциях: А – КинС перемещений, Б – КинС скоростей, В – КинС ускорений. По оси абсцисс – прогресс цикла шага, по оси ординат – у.е. Стрелками показано направление движений ноги по сагиттальной оси. С1,2 – номер синергии

Заключение. Таким образом, компоненты, выявляемые при факторизации данных, включающие вариационные ряды перемещений, скоростей и ускорений антропометрических точек

сегментов тела, а также величины суставных углов, образуют две синергии. Сравнительный анализ пространственной их структуры в условиях произвольно выполняемых локомоций и при шагоподобных движениях, инициируемых ЧЭССМ показывает высокое сходство паттернов синергий, но отмечаются существенные различия в степени вовлечения различных сегментов нижних конечностей в синергию. Временная структура кинематических синергий при произвольной ходьбе и при ЧЭССМ имеет схожие паттерны по данным перемещений и величинам суставных углов, преимущественно в первой половине цикла шага. Наблюдаемые закономерности пространственно-временной структуры кинематических синергий, вероятно, связаны с преимущественным воздействием чрескожной электрической стимуляции спинного мозга на ритмогенерирующую часть спинальной нейрональной сети, при этом паттернообразующая часть синергии остается более стабильной.

Список литературы

- Александров А.В., Фролов А.А.* 2010. Организация прямого двигательного управления при наклонах корпуса человека // *Российский журнал биомеханики*. Т. 14. № 3. С.19-35.
- Gorodnichev R.M., Pivovarova E.A., Puhov A., Moiseev S.A., Gerasimenko Y.P., Savochin A.A., Moshonkina T.R., Chsherbakova N.A., Kilimnik V.A., Selionov V.A., Kozlovskaya I.B., Edgerton V.R.* 2012. Transcutaneous electrical stimulation of the spinal cord: a noninvasive tool for the activation of stepping pattern generators in humans // *Human Physiology*. V. 38. № 2. С. 158-167.
- Hogan N., Sternad D.* 2007. On rhythmic and discrete movements: reflections, definitions and implications for motor control// *Exp Brain Res* V. 181. № 1. P. 13-30.
- Latash M.L.* 2020. On Primitives in Motor Control // *Motor Control*. V. 24. № 2. P. 318-346.
- Minyaeva A.V., Moiseev S.A., Pukhov A.M., Savokhin A.A., Gerasimenko Y.P., Moshonkina T.R.* 2017. Response of external inspiration to the movements induced by transcutaneous spinal cord stimulation // *Human Physiology*. V. 43. № 5. P.43-51.
- Moiseev S., Pukhov A., Mikhailova E. et al.* 2022. Methodological and computational aspects of extracting extensive muscle synergies in moderate-intensity locomotions // *J Evol Biochem Phys*. № 58. P.88-97.
- Scholz J.P., Schöner G.* 1999. The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task // *Exp Brain Res*. V. 126. № 3. P. 289-306.

Stetter B.J., Herzog M., Möhler F., Sell S., Stein T. 2020. Modularity in Motor Control: Similarities in Kinematic Synergies Across Varying Locomotion Tasks // *Front Sports Act Living*. № 2. P.596-603.

Ting L.H., Macpherson J.M. 2005. A limited set of muscle synergies for force control during a postural task // *Journal of Neurophysiology*.V. 93. № 1. P. 609-613.

SYNERGETIC CONTROL OF THE LOCOMOTION'S KINEMATIC STRUCTURE UNDER THE SPINAL CORD TRANSCUTANEOUS STIMULATION

S.A. Moiseev

Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports, Velikiye Luki

I studied kinematic synergies during voluntary locomotion and step-like movements initiated by transcutaneous electrical stimulation of the spinal cord. A high similarity in the spatial structure of synergy along with significant differences in the degree of involvement of different segments of the lower extremities were displayed. The observed differences are associated with the predominant effect of transcutaneous electrical stimulation on the rhythm-generating part of the spinal neuronal network, while its pattern-forming part remains more stable.

Keywords: *kinematic synergies, locomotion, electrical stimulation of the spinal cord, motor control.*

Об авторе

МОИСЕЕВ Сергей Александрович – кандидат биологических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», 182100, Псковская область, г. Великие Луки, пл. Юбилейная 4, e-mail: sergey_moiseev@vlgafo.ru

Моисеев С.А. Синергетический контроль кинематической структуры локомоций в условиях чрескожной стимуляции спинного мозга / С.А. Моисеев // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология*. 2023. № 4(72). С. 47-55.

Дата поступления рукописи в редакцию: 10.09.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

БИОХИМИЯ

УДК 612.015.31
DOI: 10.26456/vtbio331

СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО ГОМЕОСТАЗА НА ФОНЕ СУБХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАРГАНЦА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)*

Т.В. Казакова, О.В. Маршинская, С.В. Нотова
Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий РАН, Оренбург

Наравне с профессиональным воздействием Mn увеличивается риск хронического влияния относительно низких концентраций данного металла на все население в целом. Известно, что формирование элементного состава организма определяется как его текущей физиологической потребностью в химических элементах, так и во многом зависит от биогеохимических факторов и техногенной нагрузки. В связи с этим, целью исследования явилось изучить уровни жизненно необходимых микроэлементов в сыворотке крови и выявить особенности распределения Mn по его металл-лигандным формам в экспериментальной модели субхронического перорального воздействия данного металла. Для проведения исследования было отобрано 20 половозрелых крыс, из которых были сформированы две группы: контрольная (n=10) и опытная (n=10). Животные контрольной группы получали основной рацион, животные опытной группы – диету с дополнительным введением $MnSO_4 \times 5H_2O$ в дозе 1433 мг/кг в течение 28 дней. По окончании эксперимента осуществлялся забор крови для определения содержания микроэлементов в сыворотке крови методом ИСП-МС и металл-лигандных форм Mn методом ВЭЖХ-ИСП-МС. Установлено, что субхроническое пероральное поступление Mn приводило к увеличению его концентрации в сыворотке крови в 1,7 ($p \leq 0,01$) раз относительно контрольных значений на фоне снижения содержания Fe и Cu в 1,2 ($p \leq 0,05$) и 1,3 ($p \leq 0,01$) раза, соответственно. На фоне повышения валового содержания Mn происходило смещение уровней марганцевых фракций в сторону низкомолекулярных форм. Выявленные изменения могут служить прогностическим инструментом, характеризующим неблагоприятное действие субхронического воздействия Mn.

Ключевые слова: марганец, токсичность, *speciation*-анализ, комплексообразование, металл-лигандные формы, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.

* Исследования проводились в соответствии с планом научно-исследовательских работ ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2022-0011).

Введение. Несмотря на то, что марганец (Mn) является эссенциальным микроэлементом, необходимым для нормального функционирования различных физиологических процессов, включая метаболизм аминокислот, липидов, белков и углеводов, его избыточное экзогенное воздействие может вызвать системные нарушения в организме человека и животных. При этом независимо от пути поступления, токсичное действие Mn в основном проявляется в нарушении работы центральной нервной системы (Скальный и Рудаков, 2004; Радыш и др., 2017; Оберлис и др., 2018; Jomova et al., 2022).

Важно отметить, что наравне с профессиональным воздействием Mn увеличивается риск хронического влияния относительно низких концентраций данного металла на все население в целом. Это подтверждается данными экологического мониторинга, в ходе которого было установлено превышение предельно допустимых концентраций Mn в атмосферном воздухе, почвах, а также в питьевой и хозяйственно-бытовой воде во многих регионах Российской Федерации (РФ) (Черногаева и др., 2022). Помимо этого, по данным комплексного обследования, было также зарегистрировано повышенное содержание Mn в волосах жителей различных половозрастных групп в ряде федеральных округов РФ (Скальный и др., 2011a, 2012b, 2013c, 2014d; Корчина и др., 2018a, 2018b). В настоящее время предполагается, что воздействие Mn в течение жизни может привести к субклиническим неврологическим нарушениям и стать возможным фактором риска возникновения нейродегенеративных заболеваний (Martin et al., 2020). Согласно эпидемиологическим исследованиям зарубежных ученых, распространенность экстрапирамидных расстройств была выше в районах, расположенных вблизи промышленных объектов, использующих в рабочем цикле Mn (Ruiz-Azcona et al., 2021). В связи с этим, в последние десятилетия ученые стали обращать особое внимание на изучение последствий хронического низкоуровневого воздействия Mn на организм человека и животных, а также вести поиск донозологических изменений, как ранних предикторов развития заболеваний со стороны центральной нервной системы с целью повышения эффективности диагностических и профилактических мероприятий (Shilnikova et al., 2022).

Известно, что формирование элементного состава организма определяется как его текущей физиологической потребностью в химических элементах, так и во многом зависит от биогеохимических факторов и техногенной нагрузки. В этой связи особую актуальность приобретает изучение минерального обмена на фоне хронического воздействия Mn. Однако, как показывает практика, определение

валового содержания элементов в различных биообразцах не всегда позволяет дать точную оценку состоянию минерального обмена, тогда как для полной характеристики поведения химического элемента в функциональной системе требуется определение его связанности в комплексы с органическими и неорганическими лигандами (Айсувакова, 2018). В этой связи одним из перспективных направлений приобретает анализ отдельных химических форм металлов (*speciation analysis*), представляющий собой количественное определение металл-лигандных фракций, в виде которых элементы присутствуют в биологическом материале (сыворотка крови, спинномозговая жидкость и др.) (Michalke, 2003). Данный анализ может расширить оценку элементного гомеостаза организма, и, возможно, позволит выявить, новые инструменты донозологической диагностики.

Целью работы явилось изучить уровни жизненно необходимых микроэлементов и выявить особенности распределения Mn по его металл-лигандным формам в экспериментальной модели субхронического перорального воздействия данного металла.

Методика. Исследования были проведены в экспериментально-биологической клинике (виварий) ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (г. Оренбург). Эксперимент выполнен на модели крыс линии «Wistar» в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики»), а также согласно рекомендациям «The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». Дизайн эксперимента был одобрен локальным этическим комитетом ФНЦ БСТ РАН (№ 4 от 05.02.2019).

Для проведения эксперимента было отобрано 20 половозрелых крыс, из которых были сформированы две группы: контрольная (n=10) и опытная (n=10). Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР), животные опытной группы – ОР с добавлением пятиводного сульфата марганца ($MnSO_4 \times 5H_2O$) в дозе 1433 мг/кг в течение 28 дней. Подбор дозы соли марганца был проведен на основе данных информационных систем GESTIS Substance Database и Европейского агентства по химическим веществам (ECHA).

Весь период эксперимента животных содержали на ОР в виде корма «Дельта Фидс» («БиоПро», г. Новосибирск), со свободным доступом к воде и пище, при температуре $22 \pm 1^{\circ}C$ в пластиковых клетках с подстилкой из древесных опилок в условиях искусственного освещения (12-часовой световой день) и приточно-вытяжной вентиляции.

По окончании подготовительного периода у животных осуществлялся забор крови из сердечной артерии в вакуумные пробирки VACUETTE с активатором свертывания крови и гелем (Greiner Bio-One International AG, Австрия) для определения валового содержания эссенциальных микроэлементов и анализа отдельных химических форм Mn в сыворотке крови («speciation analysis»).

Определение валового содержания жизненно необходимых микроэлементов и отдельных металл-лигандных форм Mn в сыворотке крови осуществлялось с помощью масс-спектрометра NexION 300D (PerkinElmer Inc., США) в сочетании с жидкостным хроматографом PerkinElmer Series 200 (PerkinElmer Inc., США) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ВЭЖХ-ИСП-МС).

Обработку полученных данных проводили при помощи методов вариационной статистики с использованием статистического пакета «StatSoft STATISTICA 10». (StatSoft Inc., США). Гипотеза о принадлежности данных нормальному распределению отклонена во всех случаях с вероятностью 95 %, что обосновало применение непараметрических процедур обработки статистических совокупностей (U-критерий Манна-Уитни). Полученные данные представлены в виде медианы (Me) и 25-75-го центилей (Q₂₅-Q₇₅) (Зайцев, 2006).

Результаты и обсуждение. Установлено, что субхроническое пероральное поступление Mn приводило к достоверному изменению концентрации данного микроэлемента в сыворотке крови, характеризующееся увеличением циркулирующего уровня Mn в 1,7 раз относительно контрольных значений ($p \leq 0,01$) (рис. 1). Известно, что при нормальном физиологическом состоянии гомеостаз Mn хорошо контролируется гепатобилиарной экскрецией (до 99 %), в результате чего биологический период полураспада Mn у здоровых крыс после перорального поступления составляет около 24 часов (Klaassen, 1974). Возможно, что хроническое низкоуровневое воздействие Mn приводило к подавлению механизмов гомеостатического контроля, в результате чего стабильные уровни Mn повышались.

На фоне этого уровень таких эссенциальных микроэлементов, как Fe и Cu в сыворотке крови животных опытной группы был статистически значимо ниже контрольных значений в 1,2 ($p \leq 0,05$) и 1,3 ($p \leq 0,01$) раза, соответственно (рис. 2А, рис. 2В). В то же время, отмечалась тенденция к снижению сывороточной концентрации Zn, что может свидетельствовать о начальных стадиях нарушения обмена, которые могут сформироваться при продолжении воздействия.

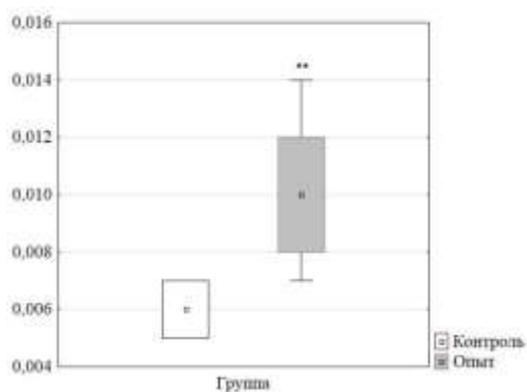


Рис. 1. Концентрация марганца в сыворотке крови лабораторных животных, мкг/мл: ** – $P \leq 0,01$

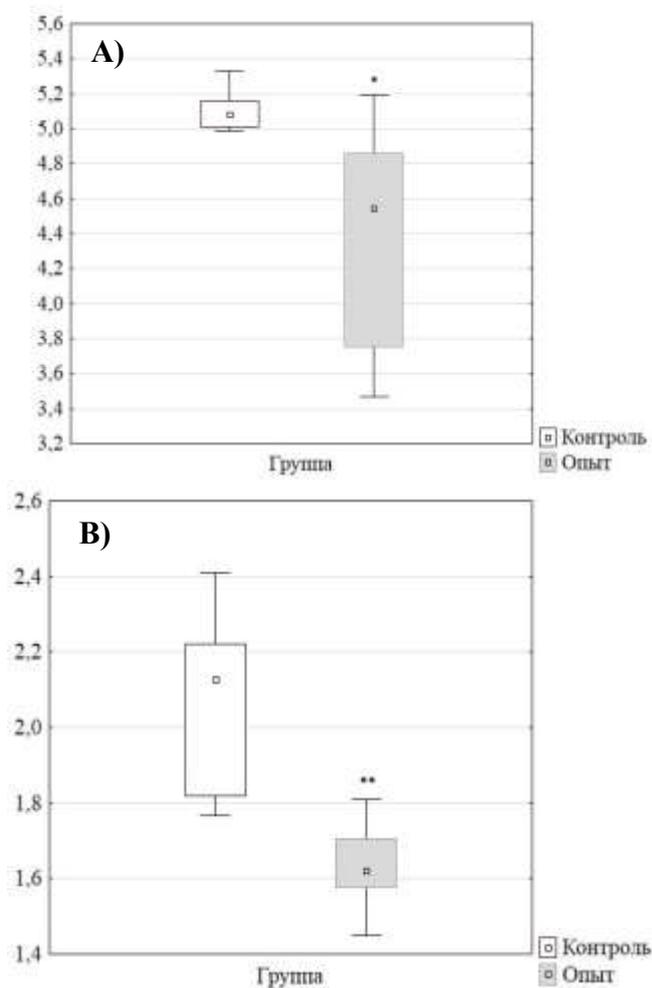


Рис. 2. Концентрация железа (А) и меди (В) в сыворотке крови лабораторных животных, мкг/мл: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$

Mn, Fe, Cu и Zn относятся к группе жизненно необходимых микроэлементов, играющих важнейшую роль в физиологических функциях. Нарушение гомеостаза данных металлов может оказать неблагоприятное воздействие на ряд биологических процессов организма, и даже стать причиной развития неврологических заболеваний (Mezzaroba et al., 2019). Выявленное достоверное снижение уровней Fe и Cu в сыворотке крови обосновывается избыточным поступлением в организм лабораторных животных функционального антагониста этих металлов – Mn. Всасывание данных элементов в желудочно-кишечном тракте осуществляется общими транспортными системами, и, следовательно, пищевой статус Mn способен влиять на кинетику данных химических элементов (Mercadante et al., 2016; Liu Q et al., 2021). Следует отметить, что полученные результаты согласуются с рядом исследований. В одной из работ сообщалось, что хроническое воздействие Mn изменяет гомеостаз Fe в системном кровообращении, снижая его содержание (Zheng et al., 1999). Как известно, дефицит Fe может способствовать еще большему увеличению всасывания Mn (Ye et al., 2017). Это может стать серьезной проблемой для людей с диагностированным дефицитом Fe, проживающих в регионах с высоким уровнем воздействия Mn.

Для дальнейшей характеристики гомеостаза Mn в условиях его хронического воздействия, моделируемого его избыточным введением с рационом питания, был проведен *speciation analysis* с использованием комбинированной техники ВЭЖХ-ИСП-МС (HPLC-ICP-MS). Установление природы химических форм Mn является ценным источником информации о его транспорте, распределении и превращениях в живом организме.

Известно, что Mn является достаточно активным химическим элементом, в связи с чем в организме он стабилизируется в комплексе с различными биологическими лигандами (Michalke et al., 2013). В проведенном исследовании было установлено, что Mn сыворотки крови крыс линии Wistar в основном связан с соединениями с высокой молекулярной массой, такими фракциями как трансферрин/альбумин (Mn-Tf/Alb), в меньшем количестве с фракцией α -2-макроглобулина (Mn-A2M); с низкомолекулярными соединениями (Mn-LMM), а также представлен свободной неорганической формой (Mn-free).

Установлено, что субхроническое пероральное воздействие Mn сопровождалось достоверными изменениями распределения молекулярных форм Mn в сыворотке крови (рис. 3).

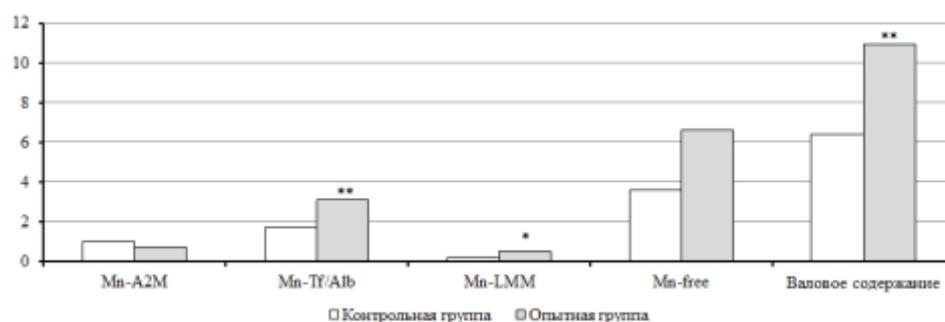


Рис. 3. Концентрация марганцевых фракций в сыворотке крови животных, мкг/л: *– $P \leq 0,05$; **– $P \leq 0,01$

Среди органических форм, в частности, было зафиксировано, что концентрации Mn-Tf/Alb была достоверно больше контроля в 1,9 раза ($p \leq 0,01$). Отмечено статистически значимое увеличение уровня фракции Mn-LMM в 4 раза ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольными значениями. При этом данные различия были одинаково выражены и достоверны как при оценке процентного вклада данной формы (%) в сывороточную концентрацию Mn, так и при ее выражении в абсолютных величинах (мкг/мл) (рис. 4).

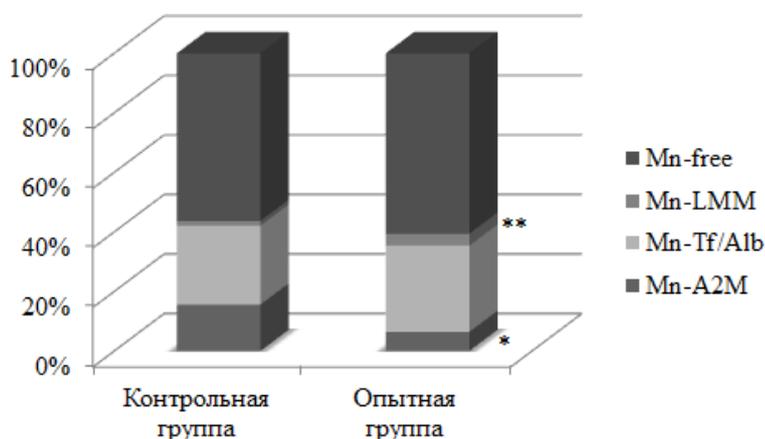


Рис. 4. Процентное распределение марганца по фракциям в сыворотке крови животных, %: *– $P \leq 0,05$; **– $P \leq 0,01$

Стоит отметить, что уровень сывороточной фракции Mn-A2M имел достоверно более низкое процентное содержание, будучи практически на 10 % ниже соответствующих контрольных значений. В то же время, абсолютные значения содержания сывороточной фракции Mn-A2M не характеризовались значимыми отличиями.

Полученные результаты анализа соединений химических элементов «*speciation analysis*», наглядно демонстрируют, что

длительное воздействие субхронических доз Mn может привести к смещению его металл-лигандных форм в сторону низкомолекулярных соединений, что может быть связано с перегрузкой других транспортных молекул. Предполагается, что именно Mn-LMM способны преодолевать гематоэнцефалический барьер и накапливаться в головном мозге, вызывая нейротоксический эффект (Michalke, 2016). Данный факт порождает необходимость проведения дальнейших исследований.

Заключение. В ходе проведенного исследования было установлено, что субхроническое пероральное воздействие Mn приводит к достоверному повышению содержания данного микроэлемента в сыворотке крови на фоне статистически значимого снижения уровня жизненно необходимых элементов – Fe и Cu. На фоне повышения валового содержания Mn в сыворотке крови происходит перераспределение данного металла по его металл-лигандным формам – происходит смещение уровней марганцевых фракций в сторону Mn-LMM, что может быть связано с перегрузкой других транспортных молекул. Таким образом, полученные результаты исследования позволяют заключить, что субхроническое пероральное воздействие Mn приводит к кумуляции данного химического элемента в организме животных и нарушению элементного гомеостаза.

Список литературы

- Айсувакова О.П.* 2018. Speciation-анализ соединений химических элементов в объектах окружающей среды: современное представление // Микроэлементы в медицине. Т. 19. № 2. С. 12-26.
- Зайцев В.М.* 2006. Прикладная медицинская статистика: учебно-практическое пособие. Москва: Фолиант, 2006. 432 с.
- Корчина Т.Я., Миняйло Л.А., Корчин В.И.* 2018(а). Избыточная концентрация марганца в питьевой воде и риск для здоровья населения северного региона // Здоровье населения и среда обитания. № 2. С. 228-33.
- Корчина Т.Я., Миняйло Л.А., Сафарова О.А., Корчин В.И.* 2018(б). Сравнительные показатели содержания железа и марганца в волосах у женщин северного региона с различной очисткой питьевой воды // Экология человека. С. 4-9.
- Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А.* 2018. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. Санкт-Петербург: Наука. 658 с.
- Радыш И.В., Скальный А.В., Нотова С.В., Маршинская О.В., Казакова Т.В.* 2017. Введение в элементологию. Оренбург: ОГУ. 183 с.
- Скальный А.В., Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю., Бурцева Т.И., Вареник В.И., Грабеклис А.Р., Демидов В.А., Киселев М.Ф.,*

- Николаев В.А., Скальная М.Г.* 2011(a). Элементный статус населения России. Часть 2. Элементный статус населения Центрального федерального округа. Санкт-Петербург: Медкнига «ЭЛБИ-СПб». 382 с.
- Скальный А.В., Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю., Бурцева Т.И., Вареник В.И., Грабеклис А.Р., Демидов В.А., Киселев М.Ф., Николаев В.А., Скальная М.Г.* 2012(b). Элементный статус населения России. Часть 3. Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. Санкт-Петербург: Медкнига «ЭЛБИ-СПб». 448 с.
- Скальный А.В., Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю., Бурцева Т.И., Вареник В.И., Грабеклис А.Р., Демидов В.А., Киселев М.Ф., Николаев В.А., Скальная М.Г.* 2013(c). Элементный статус населения России. Часть 4. Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов. Санкт-Петербург: Медкнига «ЭЛБИ-СПб». 576 с.
- Скальный А.В., Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю., Бурцева Т.И., Вареник В.И., Грабеклис А.Р., Демидов В.А., Киселев М.Ф., Николаев В.А., Скальная М.Г.* 2014(d). Элементный статус населения России. Часть 5. Элементный статус населения Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. Санкт-Петербург: Медкнига «ЭЛБИ-СПб». 544 с.
- Скальный А.В., Рудаков И.А.* 2004. Биоэлементы в медицине. Москва: Мир. 272 с.
- Черногаева Г.М., Журавлева Л.Р., Малеванов Ю.А., Пешков Ю.В., Котлякова М.Г., Красильникова Т.А.* 2022. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2021 год. Москва: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 220 с.
- Jomova K., Makova M., Alomar S.Y., Alwasel S.H., Nepovimova E., Kuca K., Rhodes C.J., Valko M.* 2022. Essential metals in health and disease // *Chem Biol Interact.* № 367. P. 110173.
- Klaassen C.D.* 1974. Biliary excretion of manganese in rats, rabbits, and dogs, *Toxicol. Appl // Pharmacol.* № 29. P. 458-468.
- Liu Q., Barker S., Knutson M.D.* 2021. Iron and manganese transport in mammalian systems // *Biochim Biophys Acta Mol Cell Res.* V. 1868. № 1. P. 118890.
- Martin K.V., Edmondson D., Cecil K.M., Bezi C., Vance M.L., McBride D., Haynes E.N.* 2020. Manganese Exposure and Neurologic Outcomes in Adult Populations // *Neurol Clin.* V. 38, № 4. P. 913-936.
- Mercadante C.J., Herrera C., Pettiglio M.A., Foster M.L., Johnson L.C., Dorman D.C.* 2016. The effect of high dose oral manganese exposure on copper, iron and zinc levels in rats // *Biometals.* V. 29. № 3. P. 417-422.
- Mezzaroba L., Alfieri D.F., Colado Simão A.N., Vissoci Reiche E.M.* 2019. The role of zinc, copper, manganese and iron in neurodegenerative diseases // *Neurotoxicology.* № 74. P. 230-241.

- Michalke B.* 2003. Element speciation definitions, analytical methodology, and some examples // *Ecotoxicol Environ Saf.* V. 56. № 1. P. 122-139.
- Michalke B.* 2016. Review about the manganese speciation project related to neurodegeneration: An analytical chemistry approach to increase the knowledge about manganese related parkinsonian symptoms // *J Trace Elem Med Biol.* № 37. P. 50-61.
- Michalke B., Lucio M., Berthele A., Kanawati B.* 2013. Manganese speciation in paired serum and CSF samples using SEC-DRC-ICP-MS and CE-ICP-DRC-MS // *Anal Bioanal Chem.* V. 405. № 7. P. 2301-2309.
- Ruiz-Azcona L., Fernández-Olmo I., Expósito A., Markiv B., Paz-Zulueta M., Parás-Bravo P., Sarabia-Cobo C., Santibáñez M.* 2021. Impact of Environmental Airborne Manganese Exposure on Cognitive and Motor Functions in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Int J Environ Res Public Health.* V. 18. № 8. P. 4075.
- Shilnikova N., Karyakina N., Farhat N., Ramoju S., Cline B., Momoli F., Mattison D., Jensen N., Terrell R., Krewski D.* 2022. Biomarkers of environmental manganese exposure // *Crit Rev Toxicol.* V. 52. № 4. P. 325-343.
- Ye Q., Park J.E., Gugnani K., Betharia S., Pino-Figueroa A., Kim J.* 2017. Influence of iron metabolism on manganese transport and toxicity // *Metallomics.* V. 9. № 8. P. 1028-1046.
- Zheng W., Zhao Q., Slavkovich V., Aschner M., Graziano J.H.* 1999. Alteration of iron homeostasis following chronic exposure to manganese in rats // *Brain Res.* V. 833. № 1. P. 125-132.

ELEMENTAL HOMEOSTASIS DURING SUBCHRONIC EXPOSURE TO MANGANESE (EXPERIMENTAL STUDY)

T.V. Kazakova, O.V. Marshinskaya, S.V. Notova

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg

Along with occupational exposure to Mn, the risk of chronic exposure to relatively low concentrations of this metal in the general population increases. It is known that the formation of the elemental composition of an organism is determined both by its current physiological need for chemical elements and largely depends on biogeochemical factors and technogenic load. In this regard, the aim of the study was to study the levels of essential trace elements in the blood serum and to identify the features of the distribution of Mn according to its metal-ligand forms in an experimental model of subchronic oral exposure to this metal. For the study, 20 mature rats were selected, from which two groups were formed: control (n=10) and experimental (n=10). Animals of the control group received the main diet, animals of the experimental group received a diet with additional

administration of $MnSO_4 \times 5H_2O$ at a dose of 1433 mg/kg for 28 days. At the end of the experiment, blood was taken to determine the content of microelements in blood serum by ICP-MS and metal-ligand forms of Mn by HPLC-ICP-MS. It was established that subchronic oral intake of Mn led to an increase in its concentration in blood serum by 1.7 ($p \leq 0.01$) times relative to control values against the background of a decrease in the content of Fe and Cu by 1.2 ($p \leq 0.05$) and 1.3 ($p \leq 0.01$) times, respectively. Against the background of an increase in the total content of Mn, the levels of manganese fractions shifted towards Mn-LMM. The revealed changes can serve as a prognostic tool characterizing the adverse effect of subchronic exposure to Mn.

Keywords: *manganese, toxicity, speciation analysis, complexation, metal-ligand forms, inductively coupled plasma mass spectroscopy.*

Об авторах:

КАЗАКОВА Татьяна Витальевна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, e-mail: vaisvais13@mail.ru.

МАРШИНСКАЯ Ольга Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, e-mail: m.olja2013@yandex.ru.

НОТОВА Светлана Викторовна – доктор медицинских наук, профессор, и.о. заведующего лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29., e-mail: snotova@mail.ru.

Казакова Т.В. Состояние элементного гомеостаза на фоне субхронического воздействия марганца (экспериментальное исследование) / Т.В. Казакова, О.В. Маршинская, С.В. Нотова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 56-66.

Дата поступления рукописи в редакцию: 10.04.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

ЗООЛОГИЯ

УДК 598.293.1

DOI: 10.26456/vtbio332

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ КОРМОВОГО ПОВЕДЕНИЯ ЗИМОРОДКА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Л.В. Маловичко¹, А.М. Зубалий², Д.Ю. Дутова³, Е.А. Ляшенко⁴

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА
им. К.А. Тимирязева, Москва

² Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России,
Московская область

³ Московский педагогический государственный университет, Москва

⁴ Северо-Кавказский Федеральный университет, Ставрополь

Анализ накопленного материала позволил определить особенности зимовки зимородка в Центральном Предкавказье. Наблюдения за зимородками в зимний период проводились на всей территории Ставропольского края с 2000 до 2023 гг. Установлены места, где зимние встречи с ним стали регулярными, а успешность зимовки подтверждена продолжающимися наблюдениями. Небольшие (частные) мелководные рыбообразные пруды, преимущество которых состоит в наличии хорошо прогреваемой проточной незамерзающей воды, изобилии легкодоступного корма, отсутствии хищников и незначительном антропогенном воздействии, наиболее удобны для зимовки зимородка в степной зоне.

Ключевые слова: *Alcedo atthis*, зимовка, Ставропольский край.

Введение. Зимородок – малочисленный гнездящийся и редкий зимующий вид Ставрополя (Афанасова, Хохлов, 1989; Хохлов, 2000). Анализ накопленного материала позволил определить особенности зимовки зимородка в Центральном Предкавказье. Актуальность проведенных исследований состоит в том, что мониторинг последних лет проведен на стыке климатических изменений (зимы стали теплыми и малоснежными) и появлением значительного количества небольших рыбообразных прудов, увеличивших доступность кормов во время не только гнездового периода, но и зимовок зимородка. Однако биология зимующего зимородка в регионе пока совершенно не изучена, поэтому любая новая информация представляет интерес.

Материалы и методы. Наблюдения за зимородками в зимний период проводились на всей территории Ставропольского края с 2000 до 2023 гг.

В силу своего относительно южного положения Ставропольский край характеризуется достаточно комфортным климатом. Так, средняя по краю годовая температура в 2001-2020 годах составила 11.2⁰С, от 8.6⁰С в Кисловодске до 12.1⁰С в Рощино.

Холодным периодом года считается период с ноября по март включительно (Бадахова, Кнутас, 2007). Средняя температура холодного периода в целом по территории края составляет 1.4⁰С. Однако территория края достаточно велика, имеет неоднородный рельеф и характеризуется наличием разнородных ландшафтов. В таблице 1 приведены температурные характеристики холодного периода по шести метеостанциям, представляющим характерные ландшафты Ставрополья: Дивное – полупустыню, Буденновск – сухую степь, Красногвардейское – разнотравно-злаковую степь, Александровское – типичную лесостепь, Минеральные Воды – предгорную лесостепь, Кисловодск – среднегорную лесостепь (Шальнев, 2007) (рис. 1, 2).

Таблица 1
Температурные характеристики холодного периода года

Метеостанция	Температура воздуха, °С				
	сред.	ср. мин.	ср. макс.	абс. мин.	абс. макс.
Дивное	0.9	-2.0	4.8	-27.4	25.7
Буденновск	1.1	-2.1	5.2	-33.3	25.2
Красногвардейское	1.8	-1.5	6.3	-34.6	30.5
Александровское	0.9	-2.1	5.1	-30.0	26.0
Минеральные Воды	1.0	-2.6	6.0	-31.1	30.3
Кисловодск	0.9	-3.5	7.0	-24.3	26.8

Средняя температура холодного периода положительна на всей территории края. Естественно, наиболее теплыми месяцами холодного периода года является ноябрь (средняя температура 5.0⁰С) и март (4.6⁰С) (Бадахова, Каплан, 2017, 2018).

Средняя краевая температура календарной зимы составляет - 0.8⁰С. Все месяцы календарной зимы в целом по краю характеризуются близкими к 0⁰С отрицательными средними месячными температурами: -1.9⁰С в январе, -0.6⁰С в феврале и -0.1⁰С в декабре. Средние минимальные температуры составляют соответственно -4.7, -4.1 и -2.7⁰С. В дневные часы воздух, как правило, прогревается до положительных температур, и средние максимальные температуры составляют 1.9⁰С в январе, 3.7⁰С в феврале и 3.9⁰С в декабре. Дней без оттепели за календарную зиму отмечается от 18 в Кисловодске до 28 в Дивном.

Метеорологическая зима, то есть период между устойчивыми

переходами средней суточной температуры воздуха через 0°C вниз и вверх, на Ставрополье обычно длится 60-70 дней. Средняя дата наступления зимы на территории края в 2001-2020 гг. – 14 декабря, средняя дата ее окончания – 16 февраля.



Рис. 1. График температур холодного периода года по метеостанции г. Буденновск



Рис. 2. График температур холодного периода года по метеостанции п. Александровское

В прямой зависимости от температуры воздуха находится степень замерзания водоёмов. В годы с аномально тёплой зимой реки и пруды могут совершенно не покрываться льдом. Однако зимой иногда бывают несколько дней особенно холодные и полностью замерзают небольшие реки с затонами – излюбленные места зимовки зимородка, открытыми остаются лишь быстрины у водосбросов. Обследование тростниковых крепей, проведённое нами в первых числах февраля 2023 г, показало, что зимородки зимуют в тростниковых биогеоценозах даже в суровые зимы из-за благоприятного микроклимата.

География зимовок зимородка. В последнее десятилетие число регистрации зимовок зимородка в Ставропольском крае заметно возросло. Установлены места, где зимние встречи с ним стали регулярными, а успешность зимовки подтверждена продолжающимися наблюдениями (рис. 3).



Рис. 3. Места зимовок зимородка в Ставропольском крае (в период с 2007 по 2023 гг.).

Небольшие (частные) рыборазводные пруды – искусственно созданные водоемы, уникальность которых состоит в наличии мелководности (хорошо прогреваемой), проточной незамерзающей воды, изобилии легкодоступного корма, отсутствия хищников,

незначительного антропогенного воздействия. Сочетание этих факторов превращает пруды степной зоны в «сверхоптимальные» условия для зимовки зимородка.

Формирование системы частных рыбопродуктивных прудов произошло в начале XXI столетия.

Характеристика модельных водоемов. Зимородок – никогда не был многочисленным видом (Маловичко, 2006). Однако, в последнее 10-летие на Ставрополье численность заметно увеличилась как гнездовая, так и на зимовках. Поскольку мечение птиц не производилось, то трудно установить: остаются ли зимовать гнездящиеся птицы или прилетают с других мест. Нами достоверно установлены следующие места постоянной зимовки зимородков:

1. Расширенная часть **р. Егорлыка** у хутора Родионова N 45.27305° E 41.48431° (с 2007 г.).

2. На берегу **Новотроицкого водохранилища** у Ставропольской ГРЭС около дачного поселка Пионерный N 45.30975° E 41.53166° (с 2012 г.).

3. Участок верховья **р. Егорлык** у плотины Егорлыкского водохранилища около пос. Приозерский Шпаковского района N 45.00717° E 41.66552° (с 2014 г.).

4. **Река Дунда** на дамбе в 10 км от села Киевка Апанасенковского района N 46.18865° E 42.84646° (с 2014 г.).

5. Рыбопродуктивный **пруд по р. Кура** около Советского водохранилища у ст. Советской Кировского района. Площадь нагульных прудов составляет всего 17 га. N 44.01115° E 44.07268° пара зимородков (с 2015 г.).

6. **Новотроицкое водохранилище**, в 3 км от пгт. Солнечнодольск N 45.28575° E 41.49823° пара зимородков (с 2015 г.).

7. Рыбопродуктивный **пруд у водосброса Чограйского водохранилища** на Кумо-Манычском канале в Арзгирском районе N 45.44929° E 44.62869° (с 2016 г.).

8. **Пруд Колосуха** на краю с. Надзорное Кочубеевского района N 44.86616°, E 41.69482° (с 2017 г.).

9. Заводь быстротока у **водохранилища Сухая Падина** у пос. Саблинский Георгиевского района N 44.50703° E 43.25351° (с 2018 г.).

10. Небольшой водосброс между **водоемами в Иргаклинском заказнике**. N 44.32833° E 44.79117° (с 2018 г.).

11. **Новотерский пруд по руслу р. Джемуха** – притоке р. Кумы в Минераловодском районе, южнее пос. Новотерского N 44.13469° E 43.09232° (с 2018 г.).

12. **Центральный пруд по р. Малая Джалга**, с. Малая Джалга Апанасенковского района N 46.09442° E 42.75775° (с 2018 г.).

13. Участок **р. Кура** в ст. Курской у стадиона N 44.04003° E

44.46677° (с 2019 г).

14. **На водосбросе Курского водохранилища** в ст. Курской N 44.01824° E 44.41163° (с 2019 г).

15. На небольшом **рыборазводном пруду на р. Егорлык** около с. Птичьего Изобильненского района N 45.49792° E 41.68590° (с 2019 г).

16. **Река Подкумок** в 2 км от пос. Терского N 44.216257° E 43.337814° (с 2019 г.).

17. **На рыборазводном пруду по р. Кура** около Советского водохранилища у ст. Советской Кировского района N 44.00676° E 44.08049° отмечена пара зимородков (с 2020 г.).

18. Частный рыборазводной **пруд на р. Дунда** около с. Киевка Апанасенковского района N 46.09323° E 42.95499° (с 2020 г.).

19. **Рыборазводной пруд** в 3 км от г. Благодарного N 45.09694° E 43.48895° (с 2020 г.).

20. **На пруду Пионерском** у с. Надзорное Кочубеевского района N 44.87248°, E 41.67648° (с 2021 г.).

Зимовка зимородка. Распространение зимородка на Ставрополье в зимний период связан с такими факторами, как:

- наличие незамерзающей чистой спокойной или с небольшим течением воды.
- наличие и доступность небольшой рыбы в качестве кормового объекта. В местах кормежки зимородка много таких видов рыб, как: судак, карась, пескарь, ерш, тарань, нильская тилляпия (инвазивный африканский вид), плотва и голавль.
- достаточное количество низких присад, предпочтительно менее 2 м. Это могут быть торчащие корни или ветви деревьев, пирсики рыбаков (рис. 4), Присады используются как пост для наблюдений, а также трамплином, с которого птицы ныряют (Маловичко 2007; Стасюк, 2017). Обычно зимородки между добычей рыбы находятся в скрытном месте. Наиболее предпочтительными оказываются старые деревья с небольшим количеством листьев, которые облегчают высматривание рыбы.

По нашим наблюдениям, наиболее предпочтительными для зимовки зимородков являются частные небольшие рыборазводные пруды, небольшие водоемы вокруг сел, каналы, небольшие реки, старые карьеры, заполненные водой. Хотя зимородок очень осторожен и пуглив, он все же выбирал пруды у населенных пунктов, где постоянно присутствовали люди.



Рис. 4. Естественные присады зимородка. Фото: Л.В. Маловичко

Поведение зимородка и охрана кормовых участков.

Зимородок большую часть времени вне сезона размножения ведет одиночный образ жизни и защищает свою кормовую территорию.

Охраняемая территория не имеет определенных размеров, потому что ее размер зависит от наличия рыбы. Перед возвращением на присаду, зимородок издает свистящие пронзительные звуки. Эти звуки, очевидно, являются сигналами для других зимородков и других птиц (Котюков, 2005). Зимородки проявляют агрессию при добыче корма. Так мы наблюдали на рыбопродуктивном частном пруду на р. Кура в ст. Советская Кировского района зимой 2021 г. 3 зимородков. Очевидно, это была пара и один чужой. Доминирующий самец принимал угрожающую позу – «вытянутая» из-за чего птица кажется тонкой и длинной. После этого самец преследовал «чужака» в полете, сопровождая агрессивными криками. Более слабый зимородок улетал за дамбу, а «хозяин» гнался за ним, пока пришелец не покинул его территорию. В нашем случае все 3 птицы охотились отдельно на расстоянии 500 – 800 м, иногда посещая территорию друг друга. В 2023 г. на рыбопродуктивных прудах обитали 2 пары: одна держалась у накопителей рыбы, а другая выше за плотиной в расширенной части р. Кура. Для присады использовали металлическую перекладину плотины (рис. 5). Иногда отдыхали на дереве. При попытке кормиться у накопителей – хозяйская пара их прогоняла.



Рис. 5. Использование металлической перекладины плотины в качестве присады. Фото Л.В. Маловичко

Зимородок не преследует свою добычу, а нападает неожиданно, когда рыба либо стоит на месте, либо движется очень медленно. Такой метод охоты направленный непосредственно на добычу, исключает какое-либо сотрудничество между птицами, поскольку птицы мешают друг другу и шанс успеха уменьшается, поэтому зимородки охраняют свою рыболовную территорию с явной агрессией (Маловичко, Константинов, 2000; Котюков, 2005).

Зимородок сильно бьет рыбу о ветку или о присаду, на которой сидит, держа рыбу в клюве поперек. Зимородок глотал довольно крупную рыбку, развернув её головой вперёд, и при каждом глотательном движении усиленно трепетал крыльями и вскидывал голову вверх (рис. 6).



Рис. 6. Зимородок с пойманной рыбой. Фото Л.В. Маловичко



Рис. 7. Избавление зимородка от погадки. Фото Л.В. Маловичко

Очень часто зимородки охотятся непосредственно у садков. Так, по нашим наблюдениям, 2 февраля 2022 г. в 11.45 час самец нырнул в садок и тут же вылетел с крупной рыбкой, которую трудно было проглотить. Зимородок в клюве ее поднимал вверх, перехватывал, затем бил о проволоку. За 11 минут от поимки рыбки

голавля до проглатывания – зимородок 18 раз ударил с силой о проволоку, заглатывал с трудом за 7 приемов. Потом еще сидел неподвижно 4 минуты и улетел. Через 45 минут прилетели 2 птицы. Самец поймал карасика, самка пыталась у него выхватить, самец полетел низко над землей, а самка полетела за ним. В 14.40 прилетел самец и сидел на присаде, открывал сильно клюв – после 6 раз выбросил погадку, при этом вытянул голову вперед (рис. 7). За 5 часов наблюдений с одной точки зимородок поймал 3 карася, 4 голавлей и 11 уклек.

В период похолодания, когда вода замерзает на несколько дней, зимородки отсиживаются в тростниках.

Лимитирующие факторы. Естественных врагов у зимородка практически нет. В снежные зимы зимородки часто попадают в рыбацкие сети (рис.8). Беседы с рыбаками, проведенные нами на рыбопродуктивных прудах (около с. Птичьего Изобильненского района, ст. Советской Кировского района, ст. Курской), показали, что осенью, зимой и весной, во время миграции и зимовки птиц, в сети, предназначенные для отлова рыбы, попадались птицы разных видов: чомги, лысухи, выпи, в том числе и зимородки. Если рядом были люди, они помогали птицам освободиться, если это происходило ночью, то птицы, как правило, замерзали в сетях.



Рис. 8. Зимородок попал в рыболовную сеть. Фото Л.В. Маловичко

По экспертной оценке, на территории Ставропольского края зимует около 400 зимородков.

Заключение. Увеличение численности зимородков в период зимовок в Центральном Предкавказье может объясняться, во-первых, влиянием климатических факторов, а именно потеплением холодного периода, преобладания тёплых и малоснежных коротких зим над морозными. И во-вторых, наличием незамерзающих рек и рыбообразных прудов с обилием мелкой рыбы.

Список литературы

- Афанасова Л.В., Хохлов А.Н.* 1989. Распределение и численность обыкновенного зимородка в Ставропольском крае // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира. Уфа. Ч. 3. С. 15-16.
- Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л.* 2017. Тенденции изменения зимних температур в Центральном Предкавказье //Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. М.: НИЦ «Академический». С. 45-48.
- Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л.* 2018. Изменение режима температуры и осадков в Ставропольском крае за последние 30 лет // Международный обмен научными знаниями, инновациями, технологиями: Сб. статей по мат. межд. научно-практ. конф. Иркутск: Апекс. С. 5-9.
- Бадахова Г.Х., Кнутас А.В.* 2007. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: Краевые сети связи.
- Котюков Ю.В.* 2005. Обыкновенный зимородок *Alcedo atthis* (Linnaeus, 1758) // Птицы России и сопредельных регионов: Сивообразные, Козодоеобразные, Стрижеобразные, Ракшеобразные, Удодообразные, Дятлообразные. М.: Т-во научн. изд-й КМК. С. 217-240.
- Маловичко Л.В.* 2006. Современное состояние популяций ракшеобразных и удодообразных на Ставрополье // Орнитологические исследования в Северной Евразии. Тез. XII Межд. орнит. конфер. Северной Евразии. Ставрополь. С. 322-323.
- Маловичко Л.В.* 2007. Зимородок – птица года 2007 // Охота и охотничье хозяйство. № 10. С. 10-11.
- Маловичко Л.В., Константинов В.М.* 2000. Сравнительная экология птиц-норников экологические и морфологические адаптации. Ставрополь-Москва: Изд-во СГУ. 288 с.
- Стасюк И.В.* 2019. Зимовка обыкновенного зимородка *Alcedo atthis* на западе Ленинградской области // Русский орнитологический журнал. Т. 28. Экспресс-выпуск 1839. С. 4965-4977.
- Шальнев В.А.* 2007. Эволюция ландшафтов Северного Кавказа. Ставрополь: Изд-во СГУ. 310 с.
- Щербаков Б.В., Березовиков Н.Н.* 2017. К экологии зимородка *Alcedo atthis* на реках Западного Алтая // Русский орнитологический журнал. Т. 26. Экспресс-выпуск 1428. С. 1418-1426.

DISTRIBUTION AND WINTER FORAGING PECULIARITIES OF THE COMMON KINGFISHER IN THE CENTRAL CIS-CAUCASUS

L.V. Malovichko¹, A.M. Zubaliy², D.Yu. Dutova³, E.A. Lyashenko⁴

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy, Moscow

²Scientific Center for Biomedical Technologies of the Federal Medical and
Biological Agency of Russia, Moscow Region

³Moscow Pedagogical State University, Moscow

⁴North Caucasus Federal University, Stavropol

Here we describe the winter foraging of the Common kingfisher in the Central Cis-Caucasus. Observations were carried out throughout the Stavropol Region from 2000 to 2023. Places of regular winter encounters are reported; the success of wintering is estimated. Among the most visited by kingfishers are small (private) shallow fishponds with running non-freezing water and an abundance of easily accessible food. These features along with the absence of predators and insignificant anthropogenic impact make ponds “super-optimal” for wintering kingfishers in the steppe zone.

Keywords: *Alcedo atthis, wintering, Stavropol region.*

Об авторах:

МАЛОВИЧКО Любовь Васильевна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева факультета зоотехнии и биологии Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: l-malovichko@yandex.ru.

ЗУБАЛИЙ Анастасия Михайловна – кандидат биологических наук, доцент, ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России», 143442, Московская обл., Красногорский р-н, пос. Светлые Горы, вл. 1, e-mail: amzubaliy@gmail.com.

ДУТОВА Дина Юрьевна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии географического факультета ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», 109387, г. Москва, ул. Краснодонская, 2, корп. 3, кв. 74, email: dinafed@yandex.ru.

ЛЯЩЕНКО Екатерина Александровна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и

кадастров Высшей школы географии и геоинформатики ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет». 355029, г. Ставрополь, ул. Доваторцев, д. 3, кв. 42, e-mail: ljashenko_ekaterina@mail.ru.

Маловичко Л.В. Распределение и особенности кормового поведения зимородка в Центральном Предкавказье в зимний период / Л.В. Маловичко, А.М. Зубалий, Д.Ю. Дутова, Е.А. Ляшенко // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 67-79.

Дата поступления рукописи в редакцию: 01.09.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 636.759.6
DOI: 10.26456/vtbio333

ОЦЕНКА ОХОТНИЧЬИХ КАЧЕСТВ СОБАК ПОРОДЫ ЗАПАДНОСИБИРСКАЯ ЛАЙКА РАЗНОГО ПОЛА

А.В. Диков, Н.М. Костомахин

Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

Реальность XXI века такова, что численность многих животных, имевших ранее промысловое значение, сокращается, и охотничье ремесло становится все менее популярным и востребованным. В таких условиях западносибирская лайка может начать терять свои рабочие качества, за которые она так ценится. Испытания и состязания – самый доступный и удобный способ выявить и оценить их для последующего сохранения. Материалом для исследования послужили сведения о собаках и их результаты из базы данных по охотничьему собаководству – БОС. В ходе исследования было установлено, что кобели породы западносибирская лайка в среднем получали достоверно более высокие оценки по чутью, чем суки. А по поиску зверя достоверно более высокие баллы получали суки.

Ключевые слова: *порода, западносибирская лайка, охотничьи качества, врождённые качества, приобретённые качества, индекс успеха.*

Введение. Западносибирская лайка – порода охотничьих собак, выведенная в нашей стране из аборигенных собак приуральской тайги и Крайнего Севера в прошлом столетии (Власов и др., 1990).

Данная порода очень популярна и широко распространена среди охотников России. На сегодняшний день западносибирские лайки применяются в охоте на различных зверей – медведя, оленя, лося, кабана и других животных. Также собаки используются для работы по кровяному следу, способны добывать боровую и водоплавающую дичь.

Чтобы определить охотничью продуктивность западносибирских лаек и улучшить их рабочие качества, проводятся испытания и состязания по разному зверю. Оценивают охотничьи качества западносибирских лаек на испытаниях и состязаниях по следующим животным: по белке, по кунице, по соболю, по боровой дичи, по фазану, по норке, хорю, колонку и горностаю, по лосю и оленям, по вольному и вольерному кабану, по подсадному медведю, по водоплавающей птице, по кровяному следу и по вольерному барсуку.

Выявляют и оценивают следующие качества и элементы работы: чутье (обоняние, слух и зрение), поиск, смелость и злобность, голос, вязкость, мастерство атаки, ловкость, послушание и слаженность в работе (для пар) (Бедель, 2008; Вахрушев, 2009).

Таким образом, западносибирская лайка – универсальная охотничья порода собак, качества которой надо изучать для сохранения ее очень ценных охотничьих качеств.

Методика. В исследовании участвовало 72 собаки, активно участвовавших в испытаниях и состязаниях, то есть имеющих 5 и более записей с оценками в баллах. Исследуемые собаки были распределены по полу на две группы – 1-я группа включила в себя кобелей, а 2-я – суки. Ввиду неравенства максимальной оценки за одно и то же качество в испытаниях по разным животным результаты были приведены к единой системе, то есть, были преобразованы в доли от максимально возможной оценки. Охотничьи качества были разделены на врожденные – те, которые передаются собаке по наследству, и приобретенные – которые могут быть натренированы в процессе воспитания и натаски. К первым были отнесены чутье, смелость и злобность к зверю, голос и вязкость, а ко вторым – поиск, ловкость и послушание.

Для анализа результатов прохождения испытаний собак была использована формула расчета индекса успеха, разработанная на кафедре коневодства Тимирязевской академии:

$IY = 100 - 100 \times (M - 1) / (N - 1)$, где ИУ – индекс успеха, %;

M – место, занятое собакой в данных испытаниях;

N – количество собак, участвовавших в данных испытаниях.

Для статистической обработки материала применялись методы вариационной статистики, такие как вычисление некоторых показателей – средней арифметической (M), ошибки средней арифметической (m) и коэффициента вариации (Cv). Достоверность различий результатов рассчитывалась по T-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования был проведен анализ оценки собак по врожденным качествам на испытаниях. Установлено, что кобели в среднем получали достоверно более высокие оценки по чутью $0,8 \pm 0,01$ против $0,7 \pm 0,03$, чем суки ($P > 0,99$). Это означает, что кобели обладают более развитым обонянием, зрением и слухом и быстрее находят зверя, чем суки. Оценки за такие качества, как смелость, злобность и мастерство атаки, голос и вязкость у собак обоих полов в среднем одинаковы (табл. 1).

Таблица 1
 Результаты оценки собак породы западносибирская лайка по врожденным качествам (M±m)

Группа	Кол-во особей (n)	Чутье	Смелость, злобность, мастерство атаки	Голос	Вязкость
1-я	47	0,8±0,01	0,7±0,01	0,8±0,01	0,8±0,01
2-я	25	0,7±0,03**	0,7±0,01	0,8±0,01	0,8±0,02

Примечание: ** P>0,99 – по сравнению с 1-й группой.

При анализе результатов оценки собак по приобретенным качествам выявлено, что суки в среднем получали достоверно более высокие оценки по поиску 0,8±0,02, чем кобели 0,7±0,01 (P>0,999) (табл. 2). Следовательно, суки обладают более правильным и быстрым поиском. Это может быть связано с тем, что они более прилежные и исполнительные по характеру, чем кобели. Оценки за выполнение таких элементов как ловкость и послушание были одинаковы.

Таблица 2
 Результаты оценки собак породы западносибирская лайка по приобретенным качествам (M±m)

Группа	Кол-во особей, (n)	Поиск	Ловкость	Послушание
1-я	47	0,7±0,01	0,7±0,01	0,7±0,02
2-я	25	0,8±0,02***	0,7±0,01	0,7±0,03

Примечание: *** P>0,999 – по сравнению с 1-й группой.

В ходе исследования были проанализированы данные по показателю индекса успеха (табл.3). Он отражает то, насколько успешно собака выступила на испытаниях или состязаниях при различном уровне конкуренции.

Таблица 3
 Средний показатель индекса успеха на испытаниях собак породы западносибирская лайка

Группа	Кол-во особей (n)	Показатель	
		M±m	Cv, %
1-я	47	53,3±2,91	36,9
2-я	25	54,5±3,39	30,5

При сравнении этих показателей было установлено, что суки имели больший показатель прохождения испытаний, чем кобели, в среднем на 1,2 балла, но разница эта недостоверна. Коэффициент вариации составил от 30,5 до 36,9, что говорит об изменчивой работе сук на испытаниях и состязаниях, и еще менее стабильной работе кобелей (табл. 3).

Западносибирская лайка является универсальной охотничьей породой, сохранявшей свои рабочие качества на протяжении века благодаря племенной работе. И до сих пор она является одной из самых многочисленных охотничьих пород.

Заключение. В ходе данной работы для оценки охотничьих качеств было установлено, что собаки породы западносибирская лайка 1-й группы в среднем получали достоверно более высокие оценки по чутью, чем собаки 2-й группы. А собаки 2-й группы в среднем получали достоверно более высокие оценки по поиску. Разница в обоих случаях составила 10% от максимально возможного количества баллов. Также выявлено также, что собаки 1-й группы в среднем получали больше баллов за диплом по сравнению с собаками 2-й группы, а у собак 2-й группы выше индекс успеха, чем у собак 1-й группы, что говорит о том, что они лучше выдерживают конкуренцию.

Список литературы

- Fédération Cynologique Internationale* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fci.be/en/nomenclature/WEST-SIBERIAN-LAIKA-306.html> – ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ЛАЙКА (306) (дата обращения: 09.06.23).
- База данных по Охотничьему Собаководству (БОС)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rors.ru.ruswebs.ru/> (дата обращения: 09.06.23).
- База данных по Охотничьему Собаководству (БОС)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rors.ru.ruswebs.ru/> (дата обращения: 09.06.23).
- Вахрушев И.И.* 2009. Охота с лайкой. Москва: ООО «Издательский Дом Рученькиных», ООО «ПТП ЭРА». 192 с.
- Власов Н.Н., Камерницкий А.В., Медведева И.М.* 1990. Охотничье собаководство. М: Агропромиздат. 239 с.
- Временные правила* испытаний охотничьих лаек по вольному кабану [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rors-os.ru/zadmin_data/file.attach/1656.pdf (дата обращения: 08.06.23).
- Охотничье собаководство России* / отв. ред. В.В. Бедель. 2008. М.: Вече. 223 с.
- РОРС* / Отдел охотничьего собаководства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rors-os.ru/zadmin_data/file.attach/1675.pdf – Правила проведения испытаний и состязаний охотничьих собак (дата обращения: 08.06.23).

ASSESSING THE HUNTING QUALITIES OF WEST-SIBERIAN LAIKA DOG BREED IN RELATIOIN TO SEX

A.V. Dikov, N.M. Kostomakhin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy, Moscow

In the 21st century the number of animals that previously had commercial importance is declining. The hunting is becoming less and less popular. Keeping this in mind we can assume, that dog breed West Siberian Laika may begin to lose its working qualities. Tests and competitions are the most accessible and convenient way to identify and evaluate hunting qualities of Laika for subsequent preservation. The material for the study was information about dogs and their results from the database on hunting dog breeding - BOS. The study revealed that males of the West Siberian Laika breed, on average, received significantly higher scent scores than females. However, in finding the game, females received significantly higher scores.

Keywords: *breed, West Siberian Laika, hunting qualities, innate qualities, acquired qualities, success index.*

Об авторах:

ДИКОВ Андрей Викторович – кандидат биологических наук, преподаватель кафедры зоологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, e-mail: dikoff@rgau-msha.ru.

КОСТОМАХИН Николай Михайлович – доктор биологических наук, профессор кафедры молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, e-mail: kostomakhin@rgau-msha.ru.

Диков А.В. Оценка охотничьих качеств собак породы западносибирская лайка разного пола / А.В. Диков, Н.М. Костомахин // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 80-84.

Дата поступления рукописи в редакцию: 10.09.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 598.293.1

DOI: 10.26456/vtbio334

О МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЯХ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ВРАНОВЫХ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА*

Л.В. Маловичко, Ю.В. Литвинов

Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

Птицы с проявлением различных аномалий неизменно привлекают внимание орнитологов и в последние годы появился целый ряд публикаций о встречах таких. В природе среди птиц периодически встречаются отдельные особи, имеющие различные отклонения, отличающиеся от нормы. Различные морфологические аномалии довольно часто встречаются у врановых птиц *Corvidae*. В данной статье дан обзор аномальных врановых, встреченных авторами в различных регионах, но в большей степени, в Калужской области.

Ключевые слова: аномалии, врановые, урбанизированный ландшафт.

Вопрос об уродствах и их происхождении интересовал зоологов издавна. Уродливые формы встречаются чаще всего в строении конечностей (полиподия и полидактилия) или в строении клювов у домашних птиц – у кур и уток. Однако аномально развитые клювы известны не только у домашних птиц, но и у диких птиц.

Материалы по морфологическим дефектам клюва и конечностей, а также цветовым абберациям перьевого покрова врановых птиц были собраны с 2019 г. и по 2023 г. в разных городах европейской части России: Иваново, Калуге, Костроме, Нижнем Новгороде, Ярославле, Вологде, Петропавловске-Камчатском, Москве, Калининградской области, Ставропольском и Красноярском краях.

В 2019 г. нами было встречено 12 галок с различными аномалиями, описание которых опубликовано в Русском орнитологическом журнале (Маловичко, 2019). Здесь мы приводим сведения не только по аномалиям у галок, но и других врановых.

* Исследование «Морфологические патологии у птиц как индикаторы состояния популяции и экологической обстановки региона» выполнено при финансовой поддержке внутриуниверситетского конкурса «Аспирантский научный контракт» в рамках программы развития Университета в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

В 2020–2021 гг. мы отметили 32 аномальных галок (3,2 % от общего количества галок): с дефектами клюва 9 особей (28,1%); с дефектами конечностей 5 (15,6%); с цветовыми аберрациями 6 (16,75) и 12 галок с двумя и более аномалиями (37,7%) (Маловичко и др., 2022).

В 2022–2023 гг. их стало 40. Кроме галок отмечены другие аномальные врановые птицы: черная ворона, серая ворона, сорока, сойка, грач, описание которых приводится ниже.

Таблица 1
Перечень экземпляров врановых птиц с различными аномалиями, встреченных в различных частях России в 2022–2023 гг.

Вид / Регион	Тип аномалий				Источник информации / примечание
	Гипертрофированный клюв	Алопеции	Деформация конечностей	Аберрации	
Галка / Иваново	+	-	-	-	В.М. Ковалева
Галка / Иваново	+	-	-	-	В.М. Ковалева
Галка / Иваново	+	-	-	+	Л.В. Маловичко
Галка / Москва	+	-	-	-	А.А. Василевская
Галка / Одинцово	+	-	-	+	Е.Л. Лыков.
Галка/г. Иваново	-	+	-	-	Л.В. Маловичко
Галка /Кострома		+	+		Л.В. Маловичко
Галка /Зеленоград	+	-	-	-	Ю.В. Литвинов
Галка / Калуга	+	-	-	+	Л.В. Маловичко
Галка / Калуга	-	+	-	-	Л.В. Маловичко, Ю.В. Литвинов
Галка / Калуга	-	+	-	-	Л.В. Маловичко
Галка / Калуга	-	-	+	+	Л.В. Маловичко
Галка / Калуга	-	-	+	-	Л.В. Маловичко
Галка / Калуга	-	-	+	-	Л.В. Маловичко
Галка / Калуга	+	-	-	+	Ю.В. Галченков,
Галка / хутор Арбали (Ставропольский край)	+	-	-	-	Л.В. Маловичко
Галка / Иваново	-	+	-	-	Л.В. Маловичко, Ю.В. Литвинов
Галка / Нижний Новгород	+	-	+	-	Н.Ю.Киселева
Галка / Ярославль	-	-	+	-	Л.В. Маловичко
Галка / Ярославль	+	-	-	+	Л.В. Маловичко
Галка / Вологда	+	-	-		Ю.В. Литвинов
Галка / Вологда	-	-	+		Л.В. Маловичко
Грач / Калуга	+	-	-		Л.В. Маловичко
Грач / Калуга	+	-	-	+	Л.В. Маловичко

Грач / Калуга	+	-	+	-	Л.В. Маловичко
Грач /Калуга	-	-	-	+	Ю.В. Литвинов
Грач /с. Величаевское Ставропольский край	-	-	-	+	А.П. Гринько
Грач /с. Иргаклы Ставропольский край	-	-	-	+	Л.В. Маловичко
Грач /г. Черняховск Калининградская обл.	+	-	-	-	Г.В. Гришанов
Сорока /пос. Щелкан Ставропольский край	+	-	-	-	Т.А. Ильина
Сорока /пос. Солнечнодольск Ставропольский край	+	-	-	+	Ю.В. Литвинов
Сорока /с. Беяницы Ивановская обл.	+	-	-	-	В.М. Ковалева
Сорока /пос. Туруханск, Красноярский край	-	-	-	+	Л.В. Маловичко
Восточная черная ворона / Петропавловск-Камчатский	+	-	-	-	В.М. Ковалева
Восточная черная ворона / Петропавловск-Камчатский	+	-	-	-	В.М. Ковалева
Серая ворона / Иваново	+	-	-	-	В.М. Ковалева
Серая ворона / Москва	-	+	-	+	Л.В. Маловичко
Серая ворона /Иваново	+	-	+	-	Л.В. Маловичко
Сойка /Бородыновка Ставропольский край	+	+	-	-	Л.В. Маловичко
Сойка /Ставрополь	+	+	-	-	Ю.В. Литвинов



Рис. 1. Проявление аномального развития клюва у грачей, сорок и галок. Фото: Л.В. Маловичко

Наибольшее количество аномалий связано с деформацией клюва – 13 птиц (32,5%). Довольно много 14 птиц имели по 2

аномалии. Среди них 7 птиц (17,5 %) имели аномалии клюва и аберрации в оперении; по 2 птицы (5 %) клюва и алопеции, клюва и конечностей.



Рис. 2. Аномальное развитие клюва у грача при искусственном содержании и выкармливании мягкими кормами. Фото: Г.В. Грешанова

Есть основание считать, что деформация клюва связана с тем, что птицы на мусорных контейнерах кормятся мягкой пищей и рамфотека не стачивается, а отрастает. В пользу того предположения говорят достоверные факты: так, владелец грача из г. Черняховска Калининградской области подобрал ещё не летающего птенца в парке весной, и кормил его мясом. У грача надклювье уже в раннем возрасте выступало вперёд примерно на 1 см. Постепенно отрос вот такой саблей (рис. 2).

Потом он решил подрезать клюв и занялся корректировкой рациона. Но, не успев подстричь, грач сам отломил кусок надклювья по ту же длину, какая была весной (примерно на 1 см длиннее подклювья). Птице поставили деревяшки, тазик с землёй, гравием, разные «копошилки» со мхом, листвой, почвой, где спрятаны лакомства, чтобы птица занималась, долбила, стачивала клюв.

Аналогичное явление отмечено в Москве. Владелица галки подобрала птенца в мае 2022 г. Ее клюв на 5 мм выдавался вперед. Галка была вполне нормальной. Поведение было обычным, однако птица при собирании крошек со стола вынуждена была наклонять голову набок. Галке начали давать половинки грецких орехов. Клюв продолжал расти, но концы его стали обламываться: то верхний, то нижний.



Рис. 3. Кнемидокоптоз – болезнь кожи, клювов и ног.
Фото: В.М. Ковалева и Л.В. Маловичко

Интересно отметить аномалии клюва и кожи у сорок: на клюве обнаружены новообразования, а вокруг глаз крупные участки голой кожи (рис. 3). У 5 слетков из одного выводка сорок, отмеченных в пос. Солнечнодольске Изобильненского района Ставропольского края были такие участки голой кожи. Скорее всего, это кнемидокоптоз — болезнь кожи, клювов и ног, вызываемая зудневыми чесоточными клещами. Иначе болезнь называют акариаз птиц, вызываемый клещами рода *Knemidokoptes*. Он хорошо лечится специальными мазями. Но для этого птицу надо отловить и подержать пару недель в клетке.



Рис. 4. Проявление алопеции у галок и сойки. Фото: Л.В. Маловичко

Встречались довольно часто птицы с алопецией – 5 (12,5%) и по одной птице (2,5%) с проявлением двух аномалий: алопеции и

конечностей, алопеции и цветовых aberrаций; алопеции и клювов 2 (5%) (рис. 4).



Рис. 5. Проявление цветовых aberrаций. Фото: Л.В. Маловичко

С деформацией или отсутствием конечностей отмечено 4 (10%) и с проявлением двух аномалий: по одной птице (2,5%) алопеции и конечностей, конечностей и цветовых aberrаций (рис. 5). С цветовыми aberrациями отмечены 4 птицы (10%) и еще с проявлением двух аномалий 7 птиц (17,5%) имели аномалии клюва и оперения; и по одной птицы (2,5%) с проявлением алопеции и окраски; конечностей и окраски.

В семействе *Corvidae* наиболее часто отклонения в окраске оперения отмечаются у галки *Corvus monedula* (Березовиков 2018; Маловичко, Рахимов 2018; Беляева, Бардин 2019, 2021; Маловичко 2019; Сотников и др. 2021). Абсолютно белые птицы-альбиносы нам не встречались. Почти все замеченные птицы были частичными лейцистами или с проявлением феомеланизма (с преобладанием коричневого оперения) (рис. 6). Хотя нужно отметить, что мы встретили два грача почти полностью белых, за исключением только кончиков перьев на крыльях, которые были черными.



Рис. 6. Грач с проявлением лейцизма. Фото: Л.В. Маловичко

Таким образом, в 2022–2023 гг. отмечено 40 аномальных птиц 6 видов: галки, грача, сороки, черной вороны, серой вороны, сойки.

Выражаем искреннюю благодарность коллегам В.М. Ковалевой, Т.А. Ильиной, Е.Л. Лыкову, Г.В. Гришанову, М.В. Скороходовой, А.А. Василевской, А.П. Гринько, Н.Ю. Киселевой, Ю.С. Галченкову, за предоставление информации о встречах птиц с различными аномалиями.

Список литературы

- Беляева Л.А., Бардин А.В. 2019. Галка *Corvus monedula* – частичный лейцист // Рус. орнитол. журн. Т. 28. Вып. 1863. С. 5892-5893.
- Беляева Л.А., Бардин А.В. 2021. Ещё одна встреча галки *Corvus monedula* необычной окраски в Великих Луках // Рус. орнитол. журн. Т. 30. Вып. 2144. С. 5643-5645.
- Березовиков Н.Н. 2009. Встречи частичных альбиносов среди воробьиных птиц Казахстана // Рус. орнитол. журн. Т. 18. Вып. 459. С. 104-105.
- Березовиков Н.Н. 2018. Альбинос-хромист серой вороны *Corvus cornix* в Усть-Каменогорске // Рус. орнитол. журн. Т. 27. Вып. 1643. С. 3506-3507.
- Березовиков Н.Н. 2018. Галка *Corvus monedula* с коричневым оперением в Усть-Каменогорске // Рус. орнитол. журн. Т. 27. С. 1704. С. 5921-5922.
- Глуценко Ю.Н., Коробов Д.В., Коробова И.Н., Бондаревский Ю.В. 2019. О встречах птиц с абберрантной окраской оперения в Приморском крае // Рус. орнитол. журн. Т. 28. Вып. 1759. С. 1763-1772.
- Дворянов В.Н. 2018. О некоторых особенностях отклонений в окраске оперения у диких птиц // Рус. орнитол. журн. Т. 27. Вып. 1692. С. 5498-5507.
- Домбровский К.Ю. 2007. Галки *Corvus monedula* с гипертрофированным надклювьем // Рус. орнитол. журн. Т. 16. Вып. 342. С. 125-126.
- Маловичко Л.В. 2019. Наблюдения за галками *Corvus monedula* с различными морфологическими аномалиями // Рус. орнитол. журн. Т. 28. Вып. 1853. С. 5482-5491.
- Маловичко Л.В., Коблик Е.А., Глазко В.И., Матюхин А.В. 2022. Феномен концентрации морфологических аномалий у птиц на примере галки (*Corvus monedula*, Passeriformes, Corvidae) и его возможные причины // Зоол. журн. Т. 101. № 11. С. 1273-1285.
- Маловичко Л.В., Рахимов И.И. 2018. Встречи аномально окрашенных птиц // Рус. орнитол. журн. Т. 27. Вып. 1692. С. 5507-5511.
- Назин А.С. 2018. О встречах в Оренбургской области птиц с дефектами клюва, травмами конечностей и аномальной окраской оперения // Рус. орнитол. журн. Т. 27. Вып. 1697. С. 5679-5687.
- Рахимов И.И. 2001. Об аномальном разрастании клюва у некоторых видов птиц в условиях урбанизированного ландшафта // Орнитология. Т. 29. С. 336-337.
- Резанов А.Г. 2007. Кормовое поведение галок *Corvus monedula* и других птиц, имеющих морфологические дефекты клюва и нижних конечностей // Рус. орнитол. журн. Т. 16. Вып. 392. С. 1700-1702.

ON MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN CORAVIDS IN AN URBANIZED LANDSCAPE

L.V. Malovichko, Yu.V. Litvinov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow

Birds exhibiting various anomalies invariably attract the attention of ornithologists, and in recent years a number of publications have appeared on sightings of such birds. Individuals that have various deviations from the norm appear in nature from time to time. *Various* morphological anomalies are quite common in Corvidae. Here we provide an overview of anomalous corvids encountered by the authors in various regions, but to a greater extent, in the Kaluga region.

Keywords: *anomalies, corvids, urban landscape.*

Об авторах:

МАЛОВИЧКО Любовь Васильевна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева факультета зоотехнии и биологии Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: l-malovichko@yandex.ru.

ЛИТВИНОВ Юрий Николаевич – аспирант кафедры зоологии, институт зоотехнии и биологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 44, стр. 1, e-mail: litvin_u@mail.ru.

Маловичко Л.В. О морфологических аномалиях у представителей врановых в условиях урбанизированного ландшафта / Л.В. Маловичко, Ю.Н. Литвинов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 85-93.

Дата поступления рукописи в редакцию: 10.09.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

БОТАНИКА

УДК 581.9 (470.12)
DOI: 10.26456/vtbio335

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *SCORZONERA GLABRA* (ASTERACEAE) В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Бобров¹, А.Н. Левашов², Н.Н. Жукова³, Д.А. Филиппов⁴

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
Сыктывкар

² Центр творчества, Вологда

³ Нижнекулойская средняя школа, Урусовская

⁴ Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок

Scorzonera glabra Rupr. (Asteraceae) – реликтовый лесостепной вид, крайне редкий на территории Вологодской области. Он известен в регионе из трёх пунктов Великоустюгского и Верховажского районов. Находки приурочены к склонам и долинам крупных рек бассейна Северной Двины (Сухона и Вага). Жизненная форма *S. glabra* – полурозеточная рыхлая стержнекорневая поликарпическая трава с прямостоячими ассимилирующими побегами несуккулентного типа. Вид отмечен в сообществах с нарушенным растительным покровом (известняковые обнажения, осыпи мергелей, песчаные обрывы по берегам крупных водотоков и мезофитные сосняки с умеренной антропогенной нагрузкой в долинах рек). *S. glabra* – стенобионт, с некоторой тенденцией к гемистенобионтности в части микроклимата и почвенных условий. Козелец голый включён в региональную Красную книгу с категориями статусов редкости, уязвимости и приоритета природоохранных мер – 1/CR/I. Известные ценопопуляции стабильно малочисленные, охраняются в границах памятника природы «Опоки», природных заказников «Верховажский лес» и «Лиственничный бор».

Ключевые слова: козелец голый, *Scorzonera glabra*, редкие виды, жизненные формы, экологический ареал, Красная книга, Вологодская область.

Введение. Вологодская область, в соответствии с ботанико-географическим районированием, лежит в пределах Североевропейской таёжной провинции (Геоботаническое..., 1989). Для провинции характерен зональный тип североевропейских еловых лесов, дифференцированный по составу с севера на юг на среднетаёжные и южнотаёжные леса. Однако контрастное сочетание местных почвенно-геоморфологических, гидрологических и микроклиматических условий иногда нарушает черты зонального

распределения фитоценозов. По долинам рек, хорошо прогреваемым склонам южной экспозиции, обширным песчаным надпойменным террасам встречаются экстразональные и интразональные сообщества с участием неморальных, степных и лесостепных видов. На наличие в долинных комплексах больших и средних рек Вологодской области степных и лесостепных видов известно относительно давно (Шенников, 1913; Бронзов, 1927; Леонтьев, 1949; Орлова, 1990).

Всего во флоре области насчитывается 130 лесостепных видов из 99 родов и 25 семейств, что составляет 9,3% от общего видового богатства сосудистых растений (без учёта культурных). Данные значения сопоставимы с таковыми для сопредельных областей: Тверская – 8,3% (Нотов, 2005, 2012), Архангельская – 7,6% (Шмидт, 2005). Наибольшее сосредоточение лесостепных видов наблюдается в долинных комплексах Сухоны, Суды, Мологи, хотя долины и других рек также несут заметный отпечаток степного влияния на своей флоре.

В основном степные и лесостепные виды избегают типичных коренных группировок, они приурочены к сообществам серийного типа, формирующимся в результате эрозионных процессов. В долинах рек эти виды встречаются на пойменных лугах высокого, реже среднего уровня; в зарослях кустарников и среди куртин деревьев на гривистых участках поймы; в сосновых лесах на надпойменных террасах, особенно по их опушкам, редианам, полянам. Распространение южных видов из долинных комплексов в междуречья возможно только с помощью человека. В частности, многие виды успешно закрепляются вдоль лесных дорог и просек, на вырубках, где для них создаются более благоприятные условия освещения, появляются участки с обнаженной почвой. При противопожарной пропашке просек нередко на поверхности оказываются более низко расположенные почвенные слои, где содержание карбонатных пород более высокое, что также способствует проникновению лесостепных видов на другие территории.

Степные и лесостепные виды широко представлены в Красной книге Вологодской области (31 вид или 13,6% от числа охраняемых сосудистых растений) (Постановление..., 2022). Особый интерес представляют лесостепные виды, основной ареал которых располагается на значительном расстоянии от территории Вологодской области, например, *Scorzonera glabra* Rupr., *Otites borysthenica* (Grun.) Klok., *O. wolgensis* (Hornem.) Grossh., *Hedysarum alpinum* L. и др. Краевое местоположение в пределах ареалов, наличие изоляционных барьеров и удалённость малочисленных популяций друг от друга, узкая экологическая приуроченность представляют преграду для скрещивания, ограничивают распространение этих видов на территории Вологодской области и могут служить причиной

снижения генетического разнообразия локальных популяций.

Настоящая работа посвящена обобщению материалов по распространению, биоморфологии, экологии и охране *Scorzonera glabra* Rupr. (Asteraceae) на территории Вологодской области. Козелец голый – редкий реликтовый вид плейстоценового флористического комплекса, имеющий восточноевропейско-южносибирское с широкими дизъюнкциями распространение (Токаревских, 1977; Цвелев, 1989; Куликов и др., 2013; Валуйских и др., 2018), отдельные фрагменты ареала которого известны и на севере Восточно-Европейской равнины – в пределах Архангельской и Вологодской областей (Перфильев, 1936; Орлова, 1993; Сергиенко, 2012; Пучнина и др., 2015).

Методика. Полевые исследования ведутся с 1985 г. на территории всех административных районов Вологодской области. Ботанические исследования собственно долинно-речных комплексов в регионе предметно изучаются с 2003 г. и включают такие реки как Вага, Кема, Кобожа, Кубена, Кулой, Молога, Унжа, Суда, Сухона и др. В полевых условиях (пешим ходом или на лодках) маршрутно-ключевым методом и методом локальных флор составляли флористические списки, делали геоботанические описания, вели фотосъемку, гербаризировали сосудистые растения, оценивали абиотические условия (Левашов и др., 2019).

Изучение биологии и экологии *S. glabra* проводили в 2003 и 2017 гг. в Великоустюгском р-не и в 2015–2022 гг. в Верховажском р-не. Сборы переданы на хранение в Гербарий Болотной исследовательской группы Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (акроним MIRE).

Жизненные формы растений охарактеризованы по гербарным образцам собственных сборов. Описание биоморф выполнено по методике и в соответствии с классификацией И.Г. Серебрякова (1962, 1964) с учётом последующих дополнений. Экологический ареал построен на основании обработки 33 геоботанических описаний, выполненных на 1 м² площадках. Требования растений к среде описаны по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова (1983) с последующими уточнениями и дополнениями (Жукова и др., 2010). Толерантность и валентность вида охарактеризованы по методике Л.А. Жуковой (Жукова, 2004; Жукова и др., 2010).

Результаты и обсуждение. *Scorconera glabra* Rupr., 1845, Beitr. Pfl. Russ. Reich., 2: 11. – *Scorzonera austriaca* var. *glabra* Rupr., 1856, Fl. Bor.-Ural., 12&40. – *Scorzonera austriaca* subsp. *glabra* (Rupr.) Lipsch. & Krasch. ex Lipsch., 1935, Fragm. Monogr. Scorzonera, 121. – *Scorzonera ruprechtiana* Lipsch. & Krasch. ex Lipsch., 1935, Fragm. Monogr. Scorzonera, 121. – Козелец голый (к. Рупрехта, к. австрийский)

S. glabra впервые был обнаружен в Вологодской области в 1927 г. А.А. Корчагиным (Орлова, 1993; Паланов, 2004), а впервые указан для флоры области в 1993 г. Н.И. Орловой (1993).

Распространение. В настоящее время известен из двух районов и трёх локалитетов:

1) «*Опоки*» (Великоустюгский р-н; 38VNN2): а) «Осыпи мергелей коренного берега р. Сухона, у д. Опоки, 13.VII.1927, Корчагин и Зубков» [?ЛЕСВ] (Орлова, 1993: 95); б) вероятно, именно на основании этого указания вид приводится в целом для флоры мергелевых береговых обнажений р. Сухона (Орлова, Сергиенко, 1999); в) правый берег р. Сухоны, памятник природы «Опоки» (60.5871 с.ш., 45.4898 в.д.), мергелистые обнажения, 12.VII.2003, А.Н. Левашов (набл.); г) там же, (60.5845 с.ш., 45.4933 в.д.), сосняк бруснично-зеленомошный, 26.VII.2017, А.Н. Левашов (набл.); д) там же, (60.5872 с.ш., 45.4897 в.д.), мергелистые обнажения, 26.VII.2017, А.Н. Левашов (набл.).

2) «*Кушпал*» (Верховажский р-н; 37VFH2): а) петля р. Вага ниже д. Паюс (60.5762 с.ш., 41.7822 в.д.), древняя долина реки, сосняк зеленомошный, 20.VII.2015, А.Н. Левашов, А.Ю. Романовский (набл.) (Левашов и др., 2019: 257); б) 8.2 км севернее с. Чушевицы, урочище Кушпал, правый берег р. Вага (60.5761 с.ш., 41.7850 в.д.), сосняк бруснично-зеленомошный, 22.VI.2018, А.Н. Левашов, Н.Н. Жукова (набл.).

3) «*Верховажье*» (Верховажский р-н; 38VLN4): а) ландшафтный заказник «Верховажский лес», сосняк зеленомошный, 04.VI.2019, Н.Н. Жукова (Левашов и др., 2019: 257); б) там же, (60.7251 с.ш., 42.0692 в.д.), сосняк бруснично-зеленомошный, 28.VII.2020, А.Н. Левашов, Н.Н. Жукова, Д.А. Филиппов (набл.); в) там же, 22.VII.2022, А.Н. Левашов, Д.А. Филиппов (MIRE).

Ближайшие местонахождения на Европейском Севере находятся в среднем течении р. Северная Двина (Пучнина и др., 2015).

Биоморфология. Целостное растение *Scorzonera glabra* в зрелом генеративном онтогенетическом состоянии состоит из побеговой, корневой и каудексовой частей. Корневая часть образована системой главного корня и внесистемными придаточными на каудексе. Последний относительно мощный, дву- или многоглавый; число каудикул, по-видимому, больше зависит от возраста растения, чем от экологических условий места произрастания. Корневая система и каудекс вместе образуют подземную часть особи; несмотря на её часто существенные размеры, погружается в почву она не так глубоко, но может достаточно сильно разрастаться по горизонтали, что затрудняет разграничение особи и их группы.

В основе побеговой части лежит обособленный побеговый

комплекс, формирующийся на базе первичного побега и, по-видимому, сохраняющийся в течение всей жизни особи или её большей части (при наличии партикуляции). Ритмологически составные элементы этого комплекса можно разделить на два типа: постоянные и эфемерные.

Эфемерная часть побеговой системы образована отдельными неветвящимися вегетативно-генеративными побегами. Они надземные ортотропные однолетние моноциклические олиственные; могут быть как нижнерозеточными, так и удлинёнными, когда розеточная часть настолько мала, что ею можно пренебречь. Интересно разнообразие листьев: в пределах побега всегда присутствуют, как минимум, два типа листьев – верховой формации (брактей) и переходные (парабрактей); нередко в основании побега есть и листья срединной формации. Все листья простые зелёные; срединной формации черешковые с широколанцетными листовыми пластинками, парабрактей и брактей сидячие, от широколанцетных через линейные до чешуевидных. Листорасположение очерёдное по всему побегу.

Другой тип однолетних моноциклических побегов является элементарным элементом постоянной части описываемого побегового комплекса. Эти побеги вегетативные надземные, постепенно погружающиеся в субстрат, как из-за работы контрактильных корней, так и за счёт роста субстрата вверх, ортотропные олиственные. Обычно листья таких побегов также двух типов: в основании есть как минимум один паракатафилл с более или менее линейной листовой пластинкой, сидячий или со слабо выраженным черешком, а на основной части присутствуют описанные ранее листья срединной формации; листорасположение здесь также очерёдное.

Из терминальной почки перезимовавшего вегетативного побега развивается новый вегетативно-генеративный; следующий вегетативный побег появляется из пазушной почки материнского вегетативного. Совокупность из базального вегетативного и терминального вегетативно-генеративного моноциклических побегов образует монокарпический подземно-надземный ортотропный двулетний дициклический нижнерозеточный олиственный побег. В его структуре выделяются четыре зоны: нижняя зона торможения, зона возобновления (часто нечётко отграниченная от зон торможения), верхняя зона торможения и терминальное соцветие – корзинка (как и у всех представителей Asteraceae).

После цветения и плодоношения монокарпический побег отмирает с дистального конца до зоны возобновления; его базальная часть в виде резиды входит в состав каудекса. Ветвление побеговой системы, в общем, слабое: обычно в рост трогается одна, реже – две пазушные почки. В результате ветвления постепенно возникает новый

побеговой комплекс, закрепляющий территорию; два и более таких образования, в сущности, и формируют постоянную часть побеговой системы целостного растения.

Таким образом, жизненная форма *S. glabra* – полурозеточная рыхлая стержнекорневая поликарпическая трава с прямостоячими ассимилирующими побегами несуккулентного типа. Значимых различий между биоморфологической структурой растений в горных (Лесина, Коротеева, 2013) и лесных популяциях не выявлено. При этом в зависимости от местообитания вид способен менять свой габитус. Так, если в условиях сильного загрязнения формируется подушковидная жизненная форма (Лагунов и др., 2016) с большим числом листьев и цветоносов, формирующих благоприятный микроклимат растения (Лесина, Котеева, 2014), то в естественных ценозах в основном происходит значительное горизонтальное разрастание оснований побегов, которые затем в виде резидов входят в состав располагающего в поверхностных горизонтах почвы корневища.

Фитоценотически активной единицей особи является обособленный побеговой комплекс, представленный на поверхности почвы моноциклическими побегами. Поскольку в его состав часто входит несколько побеговых комплексов, закрепляющих территорию, то условной особью при мониторинговых работах можно считать последнюю структуру. Однако возможность её самостоятельного существования дискуссионна; вероятно, более перспективно для каждой территории или экотопа наблюдения иметь представления о типичном числе таких комплексов в составе целостной особи в её разных онтогенетических состояниях. Счётные единицы – монокарпический побег, один или несколько вегетативных побегов вместе.

Эколого-ценотическая характеристика. На равнинной части ареала *S. glabra* произрастает на известняковых обнажениях, песчаных обрывах, изредка в лишайниковых сосновых борах (Токаревских, 1977; Шмидт, 2005). Входит в состав кальцефитного флористического комплекса северных рек (Орлова, Сергиенко, 1999; Сергиенко, 2012). Вид относят к ядру детерминантной группы лесостепных растений, которые характерны для реликтовых светлехвойных лесов на известняках северо-востока европейской России (Юдин, 1963). Вид приводится в фитоценотической характеристике лишайниково-зеленомошных, зеленомошных и травяно-зеленомошных сосняков средней и северной тайги Европейской России (Кучеров, 2013, 2019).

В условиях Вологодской области вид отмечен в сообществах с нарушенным растительным покровом. Первичными, по-видимому, являются известняковые обнажения, осыпи мергелей, песчаные

обрывы на берегах крупных водотоков, связанных с бассейном Северной Двины. Находки вида в мезофитных сосняках отмечаются для участков, испытывающими умеренную антропогенную нагрузку (рекреационное воздействие, противопожарные полосы, тропинопочва сеть), что обуславливает повреждение мохово-лишайникового покрова и закрепление вида с помощью семенного возобновления.

В Вологодской области в лесных сообществах козельца голого отмечено 43 вида. В одном описании зафиксировано от 6 до 13 видов (в среднем – 9.2). Почти половина видов (20) встретились лишь единожды или дважды. Наиболее константными были *Vaccinium vitis-idaea* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. и *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. В трети и более описаний отмечены *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Rubus saxatilis* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Avenella flexuosa* (L.) Drejer, *Melampyrum sylvaticum* L. Также в ближайшее окружение входят *Juniperus communis* L., *Rosa acicularis* Lindl., *Astragalus danicus* Retz., *Festuca ovina* L., *Fragaria vesca* L., *Goodyera repens* (L.) R.Br., *Hieracium umbellatum* L., *Dicranum polysetum* Sw. Древесный ярус представлен *Pinus sylvestris* L. (сомкнутость, как правило, не превышает 0,4–0,5). В сообществах выраженное господство имеют *Vaccinium vitis-idaea* и зелёные лесные мхи (проективное покрытие до 70–90%). Важно отметить, что в сообществах козельца постоянно встречаются редкие и охраняемые в Вологодской области виды – *Goodyera repens* и *Pulsatilla patens*.

Экологический ареал *S. glabra*, основанный на оригинальных геоботанических описаниях, отображён на рисунке ниже (рис. 1); ввиду малой общей площади обследованной территории отдельные экотопы в самостоятельные диаграммы не вынесены.

Оставляя в стороне макроклимат, который более корректно оценивать по соответствующим картам (геоботаническая оценка даёт завышенные результаты), характеристика освоенной части микроклимата следующая: *S. glabra* растёт на незасолённых, небогатых минеральными солями и очень бедных азотом почвах с достаточно низкой реакцией почвенного раствора (рН 4,5–5,5); их влажность слабопеременная, влажно-лесолуговая; освещённость экотопов соответствует уровню полуоткрытых пространств.

Из-за отсутствия *S. glabra* в стандартных шкалах оценить уровень освоения им потенциального экологического пространства не представляется возможным. Тем не менее, на изученной территории вид в целом можно отнести к суббореальной, материковой, субгумидной, субкриотермной, влажно-лесолуговой, гликомезотрофной, субанитрофильной, мезоацидофильной, кустарниковой, гемиконтрастофильной экологической группе (по

каждому из проанализированных факторов среды соответственно, двигаясь по диаграмме выше по ходу часовой стрелки с 0 часов). Реализованная экологическая валентность крайне низка: индекс толерантности равен 0,15, для микроклимата и почвенных условий – 0,1. Всё это позволяет отнести растение на изученной территории к стенобионтным видам.

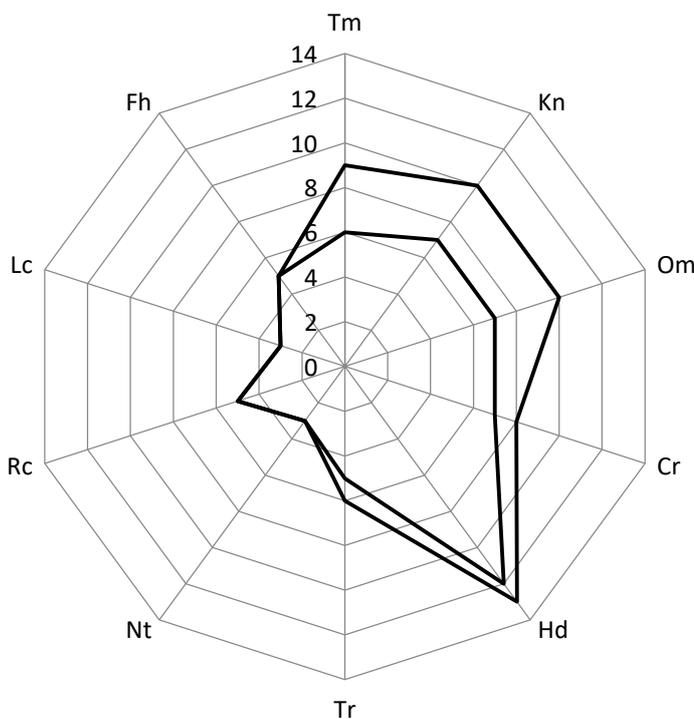


Рис. 1. Экологический ареал *Scorzonera glabra* в изученных местообитаниях Вологодской области. Пояснения в тексте.

Наличие опубликованных данных (Лесина, Коротева, 2011, 2014) по местообитаниям *S. glabra* позволяет сравнить экологические условия мест его произрастания в Вологодской и Челябинской областях (рис. 2).

Не трудно увидеть, что общий рисунок экологических ареалов достаточно сходен; при этом в условиях Челябинской области *S. glabra* закономерно встречается на более сухих и богатых почвах с близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора. Сами экотопы несколько лучше освещены и подвержены более резким сменам влажности почвы в течение вегетационного сезона. При этом интересно, что популяции в нарушенных местообитаниях произрастают в более влажных и хуже освещённых условиях с несколько меньшим почвенным богатством и её большей

кислотностью. Реализованная экологическая валентность тоже низка, и только по влажности и освещённости вид относится к гемистеновалетным. В целом же вид и в Челябинской области является стенобиотным (индекс толерантности 0,24).

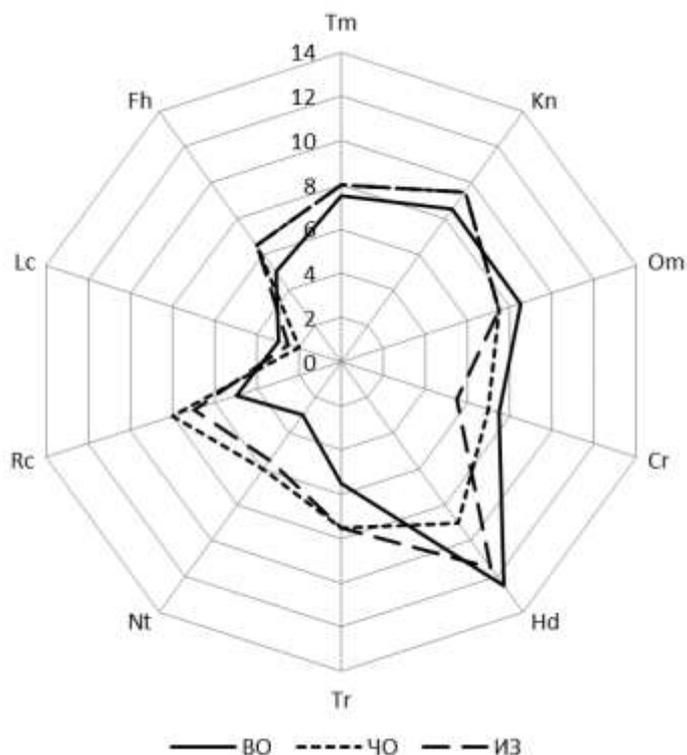


Рис. 2. Экологические условия мест произрастания *Scorzonera glabra* в естественных условиях в Вологодской (ВО, наст. работа) и Челябинской (ЧО, данные Лесиной и Коротеевой, 2011, 2014) областях, а также в импактной зоне Карабашского медеплавильного комбината (ИЗ) последней. Пояснения в тексте.

Интересным представляется сравнение условий произрастания *S. glabra* в пределах разных экотопов этих областей (рис. 3). Обращает внимание то, что закономерно наиболее сухим экотопом является полынно-разнотравная степь, что позволяет предположить возможность нахождения *S. glabra* в Вологодской области в ещё более сухих борах, а также на их опушках (тем более, что растение, как видно из диаграммы, хорошо себя чувствует на сильно освещённых местах); возможны и его находки на известняковых обнажениях коренных берегов рек.

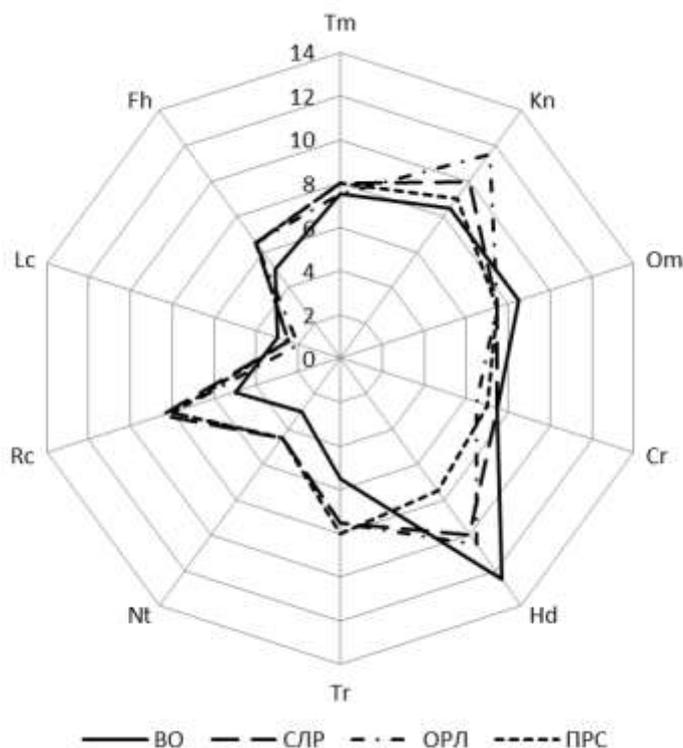


Рис. 3. Экологические условия экотопов произрастания *Scorzonera glabra* в Вологодской (ВО) и Челябинской областях: СЛР – сосново-лиственничное редколесье, ОРЛ – остепнённый разнотравный луг, ПРС – полынно-разнотравная степь (последние три экотопа по: Лесина, Коротева, 2011, 2014). Пояснения в тексте.

Обобщая представленные диаграммы, иллюстрирующие условия двух разных по положению российских регионов, следует заключить, что *S. glabra* здесь стенобионтен (обобщённый индекс толерантности 0,24), с некоторой тенденцией к гемистенобионтности в части микроклимата и почвенных условий (0,25). Наибольшая валентность отмечена для континентальности климата и влажности почвы (реализованная экологическая валентность 0,4), на втором месте – освещённость экотопов (0,3); самый узкий диапазон (0,1) выявлен для баланса осадков и испарения.

По жизненной стратегии вид относится к эксплерентам. Он связан с богатыми ресурсами местообитаниями и замещает виолентов при сильных нарушениях. Козелец может существовать только при условии, что более фитоценологически сильные виды отсутствуют в местах нарушений. Подобное возможно, например, в условиях сильного аэротехногенного загрязнения. Так, в окрестностях Карабашского медеплавильного комбината *S. glabra* формирует

многочисленные моновидовые или олиговидовые несомкнутые группировки по всей вершине и склонам хребта вне зависимости от их экспозиции (Лесина, Коротеева, 2014). При этом достоверных различий в генетической структуре локальных популяций импактного и фонового участков не выявлено, а результаты анализа молекулярной дисперсии (AMOVA) показали, что 85% изменчивости приходится на внутривидовую компоненту (Kutlunina et al., 2018). На изменённые условия среды *S. glabra* реагирует не генетическими, а морфофизиологическими изменениями (Лесина, Коротеева, 2014; Ситников и др., 2016), но в пределах нормы реакции. Обнаруженные изменения в структурно-функциональной организации фотосинтетического аппарата (увеличение толщины эпидермиса, объёма клеток мезофилла, числа клеток и хлоропластов в единице площади листа, содержания хлорофилла а и каротиноидов) следует рассматривать как адаптации, позволяющие растениям длительное время произрастать в стрессовых условиях (Ситников и др., 2016).

Вопросы охраны. На Европейском Севере России *Scorzonera glabra* включён в Красные книги Республики Коми (2019) и Вологодской области (Постановление..., 2022).

Впервые вид (как козелец Рупрехта, *Scorzonera ruprechtiana*) предложен к охране в Вологодской области в 1993 г. (см. «Список редких растений Вологодской области») (Особо..., 1993). В 2004 г. вид был внесён в региональную Красную книгу (2004) со статусом 1/EN. Поводом для охраны козельца в регионе стал реликтовый характер вида, нахождение на границе ареала, сильно ограниченное количество известных местонахождений, отсутствие современных данных о распространении в области и состоянии его ценопопуляций, узкая экологическая приуроченность (Паланов, 2004).

Ведение Красной книги области (Сулова и др., 2013) показало, что положительных изменений в состоянии вида на её территории нет. В настоящее время (Постановление..., 2022) вид имеет самые высокие категории статусов редкости – 1 (находящиеся под угрозой быстрого исчезновения или уже исчезающие на территории региона), угрозы исчезновения – CR (находящиеся в критическом состоянии или под непосредственной угрозой исчезновения в регионе), приоритета природоохранных мер – I (незамедлительное принятие системных мер по сохранению вида).

Интегральная экологическая оценка *S. glabra* (на основе предложенной А.В. Лагуновым с соавторами (2016) матрицы) для Вологодской области составляет 95–97 баллов, что по шкале Лагунова (2013) соответствует категории VU (уязвимые виды) международных Красных книг и статусу 2 национальных и региональных, что ниже.

Известные популяции *S. glabra* в области стабильно малочисленные. Основным лимитирующим фактором является нарушение естественных местообитаний (в особенности рубка леса в долинах рек и эрозия береговых склонов речных долин, а также избыточная рекреация, вытаптывание, выпас скота, лесные пожары).

Все известные ценопопуляции *S. glabra* в Вологодской области зафиксированы на трёх особо охраняемых природных территориях (ООПТ): комплексные (ландшафтные) государственные природные заказники регионального значения «Верховажский лес» и «Лиственничный бор» (Верховажский р-н) и памятник природы «Опоки» (Великоустюгский р-н).

К необходимым мерам охраны козельца голого в области относятся контроль и мониторинг состояния выявленных в регионе ценопопуляций и целенаправленный поиск новых мест его произрастания, проведение дальнейших исследований его экологии, а также организация (в случае новых находок) нескольких региональных ООПТ в местах особо крупных популяций. Для выявления адаптивных возможностей особей козельца голого, диагностики состояния и прогноза развития его популяций большое значение имеет систематизация сведений о поливариантности развития растений и основных популяционных параметрах. Это требует накопления материалов по популяционной биологии *S. glabra* в Вологодской области, создания системы мониторинга конкретных ценопопуляций, а также определения потенциального уровня антропогенной нагрузки на популяции и сообщества. Возможности поддержания вида в культуре не выяснены. По наблюдениям Н.Н. Жуковой в Верховажском районе, пересаженные из естественной среды отдельные растения успешно приживались в открытом грунте, вегетировали и цвели, на следующий год растения были сильно меньше по размерам, хотя и зацвели, но ещё через год «выпрели» из-за частых оттепелей зимы 2021/2022 гг. Попытки вырастить козелец из семян пока не были успешными.

Заключение. В результате обобщения материалов по распространению, биоморфологии, экологии и охране редкого реликтового вида *Scorzonera glabra* (Asteraceae) на территории Вологодской области были сделаны следующие основные выводы.

1. Вид зарегистрирован только в северо-восточной части Вологодской области: в трёх локалитетах, относящихся к двум районам (Великоустюгский и Верховажский) или трём квадратам сеточного картирования флоры Европы (37VFH2, 38VLN4, 38VNN2). Находки вида приурочены к склонам и долинам крупных рек, относящихся к бассейну Северной Двины.

2. Жизненная форма *S. glabra* – полурозеточная рыхлая стержнекорневая поликарпическая трава с прямостоячими

ассимилирующими побегами несуккулентного типа. Значимых различий между биоморфологической структурой растений в лесных популяциях (по сравнению с горными) не выявлено. Фитоценотически активной единицей особи является обособленный побеговый комплекс, представленный моноциклическими побегами на поверхности почвы. Счётные единицы – монокарпический побег, один или несколько вегетативных побегов вместе.

3. В условиях области вид отмечен в сообществах с нарушенным растительным покровом. Первичными местообитаниями, по-видимому, являются известняковые обнажения, осыпи мергелей, песчаные обрывы по берегам крупных водотоков. В мезофитных сосняках (в долинах рек) вид отмечается на участках, испытывающих умеренную антропогенную нагрузку, что обуславливает повреждение мохово-лишайникового покрова и закрепление вида с помощью семенного возобновления.

4. *S. glabra* – стенобионт, с некоторой тенденцией к гемистенобионтности в части микроклимата и почвенных условий. Наибольшая экологическая валентность отмечена для континентальности климата и влажности почвы, а также для освещённости экотопов, самый узкий диапазон выявлен для баланса осадков и испарения.

5. Вид включён в региональную Красную книгу со статусом категориями статусов редкости, уязвимости и приоритета природоохранных мер – 1/CR/I. Известные ценопопуляции стабильно малочисленные, находятся в границах трёх региональных ООПТ (природные заказники «Верховажский лес» и «Лиственничный бор», памятник природы «Опоки»). Рекомендуются контроль и мониторинг состояния известных и целенаправленный поиск новых популяций, продолжение изучения возможностей и способов интродукции вида.

Список литературы

- Бронзов А.Я. 1927. Типы лугов по реке Мологе (Геоботанический очерк) // Труды Гос. Лугового ин-та имени проф. В.Р. Вильямса. Вып. 1. С. 1-88.
- Валуйских О.Е., Канев В.А., Фадеев А.С. 2018. Первая находка *Scorzonera glabra* Rupr. (Asteraceae) в национальном парке «Югыд ва» (Республика Коми) и состояние самой северной на Урале популяции этого вида // Вестник ин-та биологии Коми научного центра Уральского отд-ния РАН. № 4(206). С. 10-16. DOI: 10.31140/j.vestnikib.2018.4(206).2
- Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Л., 1989. 64 с.
- Жукова Л.А. 2004. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Кн. 1. М. С. 256–270.

- Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Турмухаметова Н.В., Гаврилова М.Н., Полянская Т.А.* 2010. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола. 368 с.
- Красная книга Вологодской области. Т. 2. Растения и грибы.* 2004. Вологда. 359 с.
- Красная книга Республики Коми: 3-е изд.* 2019. Сыктывкар. 768 с.
- Куликов П.В., Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н.* 2013. Эндемичные растения Урала во флоре Свердловской области. Екатеринбург. 612 с.
- Кучеров И.Б.* 2013. Травяно-зеленомошные мезофильные сосняки средней и северной тайги Европейской России // Бот. журн. Т. 98. № 9. С. 1108-1129.
- Кучеров И.Б.* 2019. Ценогическое и экологическое разнообразие светлехвойных лесов средней и северной тайги Европейской России. СПб. 568 с.
- Лагунов А.В.* 2013. Созологический анализ охраняемых беспозвоночных Челябинской области // Вестник Оренбургского гос. пед. ун-та. Электр. науч. журн. № 3(7). С. 26-35.
- Лагунов А.В., Лесина С.А., Коротеева Е.В.* 2016. Созологический анализ видов рода *Scorzonera* L. Челябинской области // Вестник Оренбургского гос. пед. ун-та. Электр. науч. журн. №2(18). С. 64-71.
- Левашов А.Н., Жукова Н.Н., Романовский А.Ю., Комарова А.С., Филиппов Д.А.* 2019. Находки редких и охраняемых сосудистых растений в вологодской части бассейна реки Вага // Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. 13. № 3. С. 253-275. DOI: 10.24411/2072-8816-2019-10052
- Леонтьев А.М.* 1949. Основные закономерности распространения растительности Молого-Шекснинского междуречья до образования Рыбинского водохранилища // Труды Дарвинского гос. заповедника на Рыбинском водохранилище. Вып. 1. С. 9-32.
- Лесина С.А., Коротеева Е.В.* 2011. Онтогенез и экология произрастания *Scorzonera glabra* в Челябинской области // Вестник Оренбургского гос. ун-та. № 12(131). С. 204-206.
- Лесина С.А., Коротеева Е.В.* 2014. Биологические особенности *Scorzonera glabra* (Asteraceae) в Челябинской области // Бот. журн. Т. 99. № 12. С. 1363-1376.
- Нотов А.А.* 2005. Материалы к флоре Тверской области. Ч. 1: Высшие растения. 4-я версия. Тверь. 214 с.
- Нотов А.А.* 2012. Сопряженный анализ компонентов флоры как метод выявления флористической специфики природных комплексов разного уровня // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. Вып. 28. С. 80-101.
- Орлова Н.И.* 1990. Схема флористического районирования Вологодской области // Бот. журн. Т. 75. № 9. С. 1270-1277.
- Орлова Н.И.* 1993. Конспект флоры Вологодской области. Высшие растения // Труды С.-Петербур. общества естествоиспытателей. Т. 77. Вып. 3. С. 1-262.
- Орлова Н.И., Сергиенко В.Г.* 1999. К флоре мергелевых береговых обнажений реки Сухоны // Бот. журн. Т. 84. № 9. С. 58-64.

- Особо охраняемые природные территории, растения и животные Вологодской области. 1993. Вологда. 256 с.
- Паланов А.В. 2004. Козелец голый – *Scorzonera glabra* // Красная книга Вологодской области. Т. 2. Растения и грибы. Вологда. С. 64.
- Перфильев И.А. 1936. Флора Северного края. Ч. II–III. Двудольные. Архангельск. 398 с.
- Постановление Правительства Вологодской области №942 от 25.07.2022 «Об утверждении перечней редких и исчезающих видов (внутривидовых таксонов) растений, грибов и животных, занесённых в Красную книгу Вологодской области, перечней видов (внутривидовых таксонов) растений, грибов и животных, нуждающихся в научном мониторинге на территории Вологодской области, и о внесении изменений в постановление Правительства области от 29 марта 2004 года № 320 и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства области».
- Пучнина Л.В., Головина Е.О., Филиппов Д.А., Галанина О.В., Макарова М.А., Кучеров И.Б. 2015. Местонахождения редких и охраняемых видов сосудистых растений в проектируемом природном парке «Звонский» и его окрестностях (Архангельская область) // Вестник Северного (Арктического) федерального ун-та. Сер. Естеств. науки. № 4. С. 100-110. DOI: 10.17238/issn2227-6572.2015.4.100
- Сергиенко В.Г. 2012. Разнообразие и охрана природных территорий севера Восточной Европы. СПб. 261 с.
- Серебряков И.Г. 1962. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М. 378 с.
- Серебряков И.Г. 1964. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. Т. 3. М., Л. 146–205.
- Ситников И.А., Шаихова Д.Р., Чукина Н.В., Киселева И.С. 2016 Влияние азротехногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат растений *Scorzonera glabra* Rupr. // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. № 8(161). С. 84-90.
- Суслова Т.А., Чхобадзе А.Б., Филиппов Д.А., Ширяева О.С., Левашов А.Н. 2013. Второе издание Красной книги Вологодской области: изменения в списках охраняемых и требующих биологического контроля видов растений и грибов // Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. 7, №3. С. 93–104. DOI: 10.24411/2072-8816-2013-10022
- Токаревских С.А. 1977. Сем. 105. Compositae Giseke – Сложноцветные // Флора северо-востока европейской части СССР. Т. 4. Л. С. 160-235.
- Цвелев Н.Н. 1989. Род Козелец – *Scorzonera* L. // Флора европейской части СССР. Т. 8. Л. С. 37-46.
- Цыганов Д.Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. 197 с.
- Шенников А.П. 1913. Аллювиальные луга в долинах р.р. Северной Двины и Сухоны в пределах Вологодской губернии // Материалы по организации и культуре кормовой площади. Вып. 6. СПб. С. 1-85.
- Шмидт В.М. 2005. Флора Архангельской области. СПб. 345 с.

Юдин Ю.П. 1963. Реликтовая флора известняков северо-востока европейской части СССР // Материалы по истории флоры и растительности СССР. Вып. 4. М.; Л. С. 493-571.

Kutlunina N.A., Junusova D.R., Zhuikova E.V. 2018. Application of ISSR markers to assess genetic state of *Scorzonera glabra* Rupr. (Asteraceae) from the environs of Karabash (the Chelyabinsk region) // Journal of Siberian Federal University. Biology. V. 11. № 1. P. 49-59. DOI: 10.17516/1997-1389-0048

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF *SCORZONERA GLABRA* (ASTERACEAE) IN THE VOLOGDA REGION, RUSSIA

Yu.A. Bobroff¹, A.N. Levashov², N.N. Zhukova³, D.A. Philippov⁴

¹Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar

²Institution of Additional Education «Center of Creativity», Vologda

³Nizhnekuloykaya Secondary School, Urusovskaya

⁴Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok

Scorzonera glabra Rupr. (Asteraceae), a relic forest-steppe plant species, is extremely rare in the Vologda Region; it was found in three localities within the Velikiy Ustug and Verkhovazhskiy district. The findings are confined to the slopes and valleys of large rivers in the Northern Dvina basin (Sukhona and Vaga Rivers). The growth form of *S. glabra* is a semirosette taproot polycarpic grass with self-erect non-succulent assimilating shoots. The species was registered in disturbed plant communities (limestone outcrops, marl screes, sandy cliffs along the banks of large watercourses, and mesophytic pine forests with moderate anthropogenic pressure in river valleys). *S. glabra* is a stenobiont with some tendency to gemistenobiont in terms of microclimate and soil conditions. The species is listed in the Red Data Book of the Vologda Region with 1/CR/I categories of rarity, vulnerability, and priority of conservation measures. Known cenopopulations are stably small, protected within the boundaries of the natural monument "Opoki" and natural reserves (zakaznik's) "Verkhovazhskiy Les" and "Listvennichnyy Bor".

Keywords: *Scorzonera glabra*, rare species, growth form, ecological range, Red Data Book, Vologda Region.

Об авторах:

БОБРОВ Юрий Александрович – доцент, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», 167001, г. Сыктывкар, Октябрьский пр-т, 55, e-mail: orthilia@yandex.ru.

ЛЕВАШОВ Андрей Николаевич – методист по естественно-научному направлению, МАУ ДО «Центр творчества», 160004, г. Вологда, пр-т Победы, 72, e-mail: and-levashov@mail.ru.

ЖУКОВА Надежда Николаевна – учитель биологии, МБОУ «Нишнекулойская средняя школа», 162321, Вологодская обл., Верховажский р-н, д. Урусовская, ул. Школьная, 10, e-mail: nadezda-58@bk.ru.

ФИЛИППОВ Дмитрий Андреевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109, e-mail: philipov_d@mail.ru.

Бобров Ю.А. Эколого-биологические особенности *Scorzonera glabra* (Asteraceae) в Вологодской области / Ю.А. Бобров, А.Н. Левашов, Н.Н. Жукова, Д.А. Филиппов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 94-110.

Дата поступления рукописи в редакцию: 08.04.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 630.443 (470.331)

DOI: 10.26456/vtbio336

ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТВЕРСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.В. Зуева, Е.А. Андреева, Д.Н. Крюченков

Тверской государственной университет, Тверь

Описаны результаты изучения возобновления ели обыкновенной в Тверском лесничестве Тверской области. Охарактеризована специфика естественного и искусственного лесовосстановления на исследуемой территории. Выявлена зависимость возобновления ели от лесорастительных условий. Даны рекомендации по оптимизации создания продуктивных еловых насаждений.

Ключевые слова: *ель обыкновенная, Тверская область, естественное и искусственное возобновление, лесорастительные условия, южно-таежные лесные сообщества.*

Введение. В настоящее время проблема возобновления лесов стоит особенно остро. Это связано как с сохранением лесных экосистем для поддержания устойчивости биосферы, так и с оптимизацией ведения лесного хозяйства с целью пополнения лесного фонда, который используется человеком (Зуева и др., 2022). Особое значение имеет сохранение и восстановление лесных насаждений трудно возобновляемых древесных пород, в том числе ели обыкновенной (Гусякова и др., 2023). Ель обыкновенная тяжело выдерживает пересадку, очень медленно растёт в первые года, весьма чувствительна к различному роду заболеваний и повреждений со стороны вредителей (Зуева и др., 2022, Матвеева и др., 2021).

В пределах Тверской области представлены типичные южно-таежные лесные сообщества с участием ели обыкновенной и сосны обыкновенной, а также широколиственных пород (Нотов и др., 2016, 2017, 2022, 2023). В настоящее время облесенность территории составляет более 50 % от площади области. Среди них около 25% приходится на коренные хвойно-широколиственные леса. Особую значимость приобретает сохранение коренных зональных лесных сообществ Тверской области и реализация эффективной программы лесовосстановления в районах с меньшим уровнем облесенности (Мейсурова и др., 2019, Мейсурова и др., 2020). В этой связи изучение особенностей естественного возобновления хвойных пород, в том числе ели, приобретает особенное значение.

Актуально изучение закономерностей естественного возобновления и на землях бывшего сельскохозяйственного пользования. В настоящее время на территории Тверской области площади, имеющие высокий потенциал для произрастания высокопродуктивных насаждений, зарастают и требуют определенного лесохозяйственного ухода.

Возобновление леса является биологическим процессом, который формирует новое поколение лесов и содержит в себе восстановление основного комплекса – древостоя. Возникновение древостоя содействует формированию лесной среды и иных компонентов леса. Восстановление, сохранение и возобновление лесных ресурсов, сокращение периода восстановления в различных лесорастительных условиях являются одними из ключевых вопросов на сегодняшний день.

Цель работы: изучить естественное и искусственное возобновление ели обыкновенной в Тверском лесничестве Тверской области (на примере Савватьевского участкового лесничества). Для достижения поставленной цели определены следующие задачи: изучить природные условия Савватьевского участкового лесничества Тверской области; дать характеристику биоморфологическим и экологическим особенностям ели обыкновенной; охарактеризовать Савватьевское участковое лесничество Тверской области; рассмотреть типы возобновления ели обыкновенной и выявить их особенности.

Савватьевское участковое лесничество находится в юго-восточной части Тверской области, входит в состав ГКУ Тверского лесничества Тверской области. Граничит на северо-востоке с Бежецким и Кашинским лесничествами, северо-западе с Торжокским лесничеством, юго-западе – Старицким лесничеством, а на юго-востоке с Завидовским национальным парком. Савватьевское участковое лесничество занимает общую площадь 15703 га. Количество кварталов составляет в сумме 230 занимаемых участков. Лесной фонд делится на 95,9% площади покрытой лесной растительностью, 2% относятся к не покрытым лесной растительностью и нелесные земли, составляющие 2,1%. Основные лесообразующие породы данной территории представлены такими видами как: сосна обыкновенная, ель обыкновенная, берёза бородавчатая, осина дрожащая.

Методика. Наблюдение и сбор необходимого материала проводился в Савватьевском участковом лесничестве Калининского района Тверской области в летний период 2022–2023 гг. Для исследования возобновления видов древесных пород применялись специализированные методы. На однородной площади равной 1 га (1000×1000 м) однородно распределяли три площадки размером 10×10

м на каждой из которых подсчитывали всходы хвойных и лиственных пород крупного и мелкого подроста, впоследствии их оценку состояния проанализировали в июле и августе. Всходами считались образцы 10-15 см и менее, 15-30 см – мелкий подрост, а 30 см и более – крупный подрост.

Оценка покрытия (в %) рассчитана для примерного состава подстилки: кустарниковой, кустарничково-травяной и мохово-лишайникового покрова по показателям степени покрытия (%), мощности (см). На каждом представленном участке регистрировали преобладающий тип растительности.

Породный состав был охарактеризован в границах всей площади леса и выражен целыми числами в сумме до 10 единиц. В результате работы оценивалось значение среднего количества всходов, крупных и мелких видов подроста, встречающихся на гектаре, состояния представленных экземпляров.

Целями оценки и учёта естественного лесовосстановления являлись:

1) результат динамики возобновления леса естественным способом в разных лесных условиях, а также влияние на него природных факторов;

2) фиксирование численности подроста пород с хозяйственно ценным значением;

3) исследование воздействия хозяйственной деятельности на динамику лесовосстановления.

Учёт естественного лесовозобновления проводится при помощи глазомерного метода.

Одним из ключевых параметров оценивания возобновления служит заполняемость участка подростом или его густота, точнее количество образцов подроста древесной породы, представленное в «тыс. шт./га». В этом случае число подроста округляют до 0,1 тыс., а всходы учитывают отдельно.

Происхождение подроста возможно произвести семенным путём. Для осуществления учёта возобновления подрост положено делить по происхождению, так как по параметрам высоты его рост обладает особенностями, а древостой, который впоследствии возник из подроста с порослевым происхождением, содержит пониженное качество древесины ввиду кривизны стволов, гнилей и т.п. Подрост, который представлен порослевым происхождением, определяют по наличию пней, поросль которых служит объектом учёта и анализа.



Рис. 1. Участки с возобновлением ели обыкновенной на территории
ГКУ Тверское лесничество Тверской области

Результаты и обсуждение. Ель обыкновенная является коренной хвойной породой на территории Тверской области и в зависимости от лесорастительных условий образует разные типы ельников. В настоящее время наблюдается активное естественное восстановление ели на участках постаграденных березняков, а также на территории зарастающих деревень и заброшенных дорог.

Таблица 1

Проектируемые методы и объёмы лесовосстановления в Савватеевском лесничестве (ГКУ Тверское лесничество Тверской области), га

Категория фонда лесовосстановления	Искусственное лесовосстановление			Комбинированное лесовосстановление	Естественное лесовосстановление*	Всего
	итого	в т.ч. посев	в т.ч. посадка			
Вырубки	82,6		82,6		38,5	121,1
Гари, погибшие насаждения	11,0		11,0			11,0
Прогалины					55,6	55,6
Лесосеки сплошных рубок предстоящего периода						-
Итого	93,6		93,6		94,1	187,7

Рассмотрению подлежал не арендованный участок квартала 114, выдела 5,13 площадью в 1 га, главной образующей древесной породой в виде ели обыкновенной в количестве 3520 штук при приживаемости в 93% и годом закладки весна 2021. Для оценки возобновления ели были взяты некоторые показатели состояния подростка на заложенных пробных площадках, расположенных на равном расстоянии. Оценивалось естественное и искусственное возобновление как под пологом леса, так на вырубках. Такое возобновление очень важно для нормального поддержания биоразнообразия фитоценозов. По полученным данным, возобновление под пологом леса идет во многих случаях успешно.

На территории участка квартала 114 приживаемость породы ели обыкновенной соответствует стандартам и все работы были произведены по требованиям лесоустroительного регламента.

Ель произрастает на относительно больших площадях в различных почвенно-климатических условиях, в результате чего характеризуется наличием большого количества экотипов. Часто

растет в смешанных лесах с участием таких пород, как берёза, рябины, черёмухи, осины.

Всхожесть семян по среднему показателю составляет 70-80%, сохраняется в пределах 4-5 лет. Плодоношение происходит при достижении возраста в 20 лет, когда ель стоит по одиночке.

Лесовосстановление ели осуществляется путём естественного, искусственного или комплексного лесовосстановления (табл.1). Проводится для восстановления вырубленных, мёртвых и повреждённых лесов, а также должно обеспечивать восстановление лесных хозяйств, сохранение биоразнообразия лесов и сохранение полезных функций лесов.

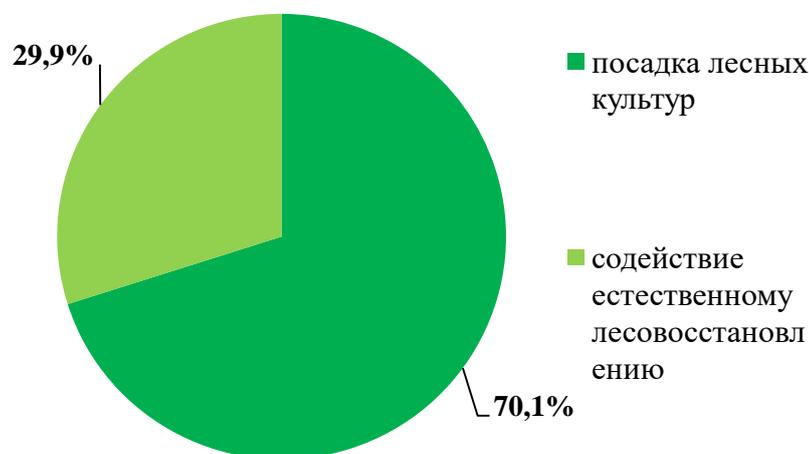


Рис. 2. Соотношение способов лесовосстановления в Сывватъевском участковом лесничестве (ГКУ Тверское лесничество Тверской области)

Естественное лесовозобновление осуществляется в результате естественных процессов и мер, способствующих лесовозобновлению (рис. 2). То есть сохраняет молодняк при вырубке лесов, минерализации почвы и живых изгородей. Содействие естественному лесовосстановлению на огороженных территориях осуществляется в случае повреждения и уничтожения сеянцев дикими животными или домашним скотом и опасности появления кустов древесных растений.

Искусственное восстановление проводится на лесных участках, где лесная культура погибла, а также при невозможности обеспечить естественное лесовосстановление или невозможно использовать комбинированное лесовосстановление с хозяйственно-ценными насаждениями. Осуществляется путем создания лесных культур:

посадки сеянцев, саженцев, в том числе с закрытой корневой системой, черенков или посева семян лесных растений, в том числе при реконструкции малоценных лесных насаждений.

При обследовании лесного участка определяются условия и пригодность для выращивания леса. Количество и расположение всхожих кустов и молодняка основных пород деревьев, уровень засоренности валежной древесины и отходов лесозаготовок, количество и высота пней, пригодность участка для работы техники, доля почвы, а также условий возделывания леса вредными организмами. Не мало важно максимально сохранять верхний плодородный слой почвы, а также проводить осушительные мероприятия.

Агротехнический и лесоводственный уход производят на участках с несомкнутыми древесными культурами для предотвращения накопления излишней влаги в почве, зарастания поверхности почвы сорной травянистой и древесно-кустарниковой растительностью.

Особенностью возобновления под пологом чаще всего протекает неравномерно, носит мозаичный характер. Состав формирующихся зависит от целого ряда факторов: типа почвы, таксационных характеристик прилегающего леса, лесорастительной подзоны, площади участков и других показателей. На обследуемых участках в настоящее время идёт успешное возобновление ели, а также проходит успешная посадка сеянцев. Густота хвойного подроста, его возраст и средняя высота на данных участках соответствуют показателям рекомендаций по переводу в лесопокрытую площадь насаждений искусственного или естественного происхождения на землях лесного фонда. В данных почвенных условиях на залежах формируется стадия молодого подроста ели после луговой стадии рудеральной растительности.

Рекомендации. При искусственном лесовосстановлении необходимо учитывать способ посадки ели обыкновенной в зависимости от условий (в борозду или гребень), по возможности использовать посадочный материал с закрытой корневой системой, что улучшит приживаемость лесных культур. Осуществлять должный уход за посадками и подростом ели, особенно в первые пять лет, когда ель характеризуется медленными темпами роста. Обеспечить строгий контроль над сроками посадки, чтобы повысить приживаемость посадочного материала.

Заключение. Лесорастительные условия Тверского лесничества Тверской области благоприятны для успешного возобновления ели обыкновенной на всей территории. Анализ биоморфологических особенностей ели показал, что в начальный период роста ель очень

восприимчива к неблагоприятным факторам, и отличается медленным ростом, что компенсируется деревом по достижении пятилетнего возраста, когда рост резко ускоряется.

Возобновление ели обыкновенной в Тверском лесничестве осуществляется естественным и искусственным способом. Искусственное возобновление осуществляется посадкой саженцев в борозду и гребень в зависимости от конкретных условий. Искусственное возобновление проводится путём посадки саженцев в борозды и гребни, учитывая конкретные условия. Полученные данные показывают, что возобновление под пологом леса идёт в большем количестве случаев, происходит успешно, наиболее это заметно в зеленомошниках. Характерной особенностью возобновления является то, что под пологом, как правило, оно протекает неравномерно и носит мозаичный характер. Искусственное и естественное возобновление проходит успешно, так как исследуемые образцы соответствуют средним принятым показателям и при визуальном осмотре не обнаружили отклонений от нормы.

Условия Тверского лесничества Тверской области позволяют ели обыкновенной успешно возобновляться по всей территории: на залежах возникает стадия молодого подроста ели обыкновенной после луговой стадии рудеральной растительности. Ель очень восприимчива к неблагоприятным факторам в начальный период роста и характеризуется медленным развитием до пятилетнего возраста, после чего наступает резкое ускорения роста.

Густота, возраст и средняя высота хвойного подроста, на исследуемых участках соответствует параметрам рекомендаций для перевода насаждений в лесопокрытую площадь искусственного или естественного происхождения, приуроченные к землям лесного фонда. Таким образом, большая часть сформировавшегося при содействии естественному, а также созданию искусственного лесовосстановления древостоя на землях обладает высокой продуктивностью класса бонитета. Средний бонитет еловых насаждений, произрастающих на данных землях, выше на 0,4, чем у ельников, произрастающих на коренных землях.

Список литературы

- Зуева Л.В., Матвеева С.А., Андреева Е.А.* 2022. Влияние корневой губки на сосновые и еловые насаждения в Тверском лесничестве Тверской области // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 4. С. 84-92.
- Гуслякова А.А., Зуева Л.В.* 2022. Искусственное и естественное возобновление ели обыкновенной в Савватьевском участковом лесничестве Тверской области // Биологический факультет. Материалы IX науч. конф. аспирантов, магистров и студентов, апрель 2023 г. Тверь: Изд-во ТвГУ. С. 63-67
- Матвеева С.А., Зуева Л.В.* 2021. Заболевания сосновых насаждений пестрой

- ситовой гнилью в условиях Тверского лесничества Тверской области // Биологический факультет. Материалы IX науч. конф. аспирантов, магистров и студентов, апрель 2021 г. Тверь: Изд-во ТвГУ. С. 63-67
- Мейсунова А.Ф., Иванова С.А., Зуева Л.В., Спирина У.Н., Курочкин С.А., Нотов А.А., Степанова Е.Н., Петухова Л.В., Андреева Е.А., Нотов В.А., Кратович П.В.* 2019. Биоразнообразие лесных экосистем Тверской области: учеб. пособие. Тверь: Твер. гос. ун-т. 142 с.
- Мейсунова А.Ф., Кратович П.В., Спирина У.Н., Зуева Л.В., Нотов А.А., Курочкин С.А., Петухова Л.В., Иванова С.А., Андреева Е.А., Степанова Е.Н., Нотов В.А.* 2020. Лесные экосистемы Тверской области: рациональное использование, охрана и мониторинг: База данных. Свидетельство о государственной регистрации базы данных в Федеральной службе по интеллектуальной собственности № 2020621373. Заявка № 2020621256. Дата поступления 03.08.2020 г. Дата гос. регистрации в Реестре баз данных 06.08.2020 г.
- Нотов А.А., Зуева Л.В., Нотов В.А., Мейсунова А.Ф., Андреева Е.А.* 2016. Специфика флоры озерных комплексов юго-западной части Валдайской возвышенности и проблема сохранения биоразнообразия // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 4. С. 241-266.
- Нотов А.А., Мейсунова А.Ф., Зуева Л.В., Нотов В.А., Андреева Е.А., Иванова С.А.* 2017. Некоторые итоги реализации модели комплексного биомониторинга экосистем Верхневолжья // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2. С. 244-269.
- Нотов А.А., Фертиков В.И., Павлов А.В., Нотов В.А., Иванова С.А., Зуева Л.В.* 2022. О флористическом разнообразии лесоболотных экосистем правобережья Лоби // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 3(67). С. 110-121.
- Нотов А.А., Павлов А.В., Нотов В.А., Иванова С.А., Зуева Л.В.* 2023. О флористическом разнообразии лесоболотных массивов долины реки Инюхи // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2(70). С. 95-108.

NATURAL AND ARTIFICIAL RENEWAL OF THE COMMON SPRUCE IN THE TVER FORESTRY OF THE TVER REGION

L.V. Zueva, E.A. Andreeva, D.N. Kryuchenkov
Tver State University, Tver

Here we describe the results of studying the renewal of the common spruce in the Tver forestry of the Tver region. The peculiarities of natural and artificial reforestation in the studied area are characterized. The dependence of spruce renewal on forest conditions has been revealed. Recommendations for optimizing the productive spruce plantations are given.

Keywords: *common spruce, Tver region, natural and artificial regeneration, forest conditions, South taiga forest communities.*

Об авторах:

ЗУЕВА Людмила Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: zuevabio2012@yandex.ru

АНДРЕЕВА Елена Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: el-an72@yandex.ru.

КРЮЧЕНКОВ Денис Николаевич – магистрант направления 06.04.01 Биология, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: botany@tversu.ru.

Зуева Л.В. Естественной и искусственное возобновление ели в Тверском лесничестве Тверской области / Л.В. Зуева, Е.А. Андреева, Д.Н. Крюченков // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 111-120

Дата поступления рукописи в редакцию: 03.09.23
Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 582.31(571.620)
DOI: 10.26456/vtbio337

ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ *MADIA GLOMERATA* HOOK. (ASTERACEAE) НА РОССИЙСКОМ ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Л.А. Антонова¹, И.П.Щеглова²

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН. Хабаровск

²Заповедное Приамурье, Комсомольск-на-Амуре

Обсуждается инвазионный статус заносного североамериканского вида *Madia glomerata* Hook., оценивается возможность и опасность биологической инвазии на российском Дальнем Востоке. Сравняются особенности биологии и экологии в естественном и вторичном ареалах.

Ключевые слова: инвазионный вид, инвазионный статус, чужеродные виды, *Asteraceae*, Хабаровский край, российский Дальний Восток.

Введение. Проникновение в растительные сообщества чужеродных видов является глобальным феноменом с серьезными последствиями для экологических, экономических и социальных систем. Растущее воздействие биологических инвазий на естественное биоразнообразие привело к пониманию необходимости инвентаризации и мониторинга чужеродных видов, что позволяет оценивать характер распространения и предсказывать скорость расселения инвазионных видов (Виноградова и др., 2021). Важны любые, даже одиночные местонахождения чужеродных видов, так как велика вероятность того, что некоторые из них могут начать активно расселяться и представлять угрозу биологического загрязнения.

Единственное в России местонахождение заносного североамериканского вида *Madia glomerata* Hook. выявлено нами на Дальнем Востоке более 30 лет. Естественный и вторичный ареал *Madia glomerata* лежит в пределах Северной Америки (Boufford, 1997), где она включена в список сорняков Американского общества изучения сорняков (Weed Science Society of America WSSA <https://wssa.net/wssa/weed/weed-identification/>), как опасное сорное растение внесена в многочисленные региональные базы данных США и Канады. В пределах вторичного ареала на Аляске и Британской Колумбии *Madia glomerata* Hook. включена в перечень инвазионных растений (Ickert-Bond et al., 2019; VASCAN).

Цель данного исследования: оценить возможность и опасность биологической инвазии *Madia glomerata* Hook. на российском Дальнем Востоке (РДВ). Собрать сведения о морфологии, экологии, биологии,

фитоценотической приуроченности и вредоносности *Madia glomerata* Hook. в пределах естественного и вторичного ареалов в Северной Америке. Проанализировать состояние локальной ценопопуляции на территории РДВ.

Материал и методика. Материалом для данной работы явились гербарные сборы и полевые исследования, выполненные авторами в 1989-1991 гг. и 2017-2021 гг. в Хабаровском крае в г. Советская Гавань, расположенном на побережье Татарского пролива.

Образцы, собранные в 1989 г. были определены заведующим гербарием Главного ботанического сада (ГБС) АН СССР Алексеем Константиновичем Скворцовым, как *Madia gracils* (Smith) D. D. Keck, под этим названием они хранятся в Гербариях ГБС РАН (МНА) и ИВЭП ДВО РАН (КНА). В настоящее время, когда возможности для определения растений значительно расширились, эти сборы были переопределены нами как *Madia glomerata* Hook. Для определения растений использованы различные источники: Flora North America (2006); Hitchcock, Cronquist (2018); Iskert-Bond et al., (2019); Гербарий Университета Аляски (ALA); База данных центра информации об экзотических растениях Аляски (<http://aknhp.uaa.alaska.edu/apps/akeric/>) и другие. На рисунке ниже для сравнения представлены фотографии *Madia gracils* (Smith) D. D. Keck и *Madia glomerata* Hook. из Северной Америки и фотография *Madia glomerata* Hook., собранной нами в г. Советская Гавань (рис.1).

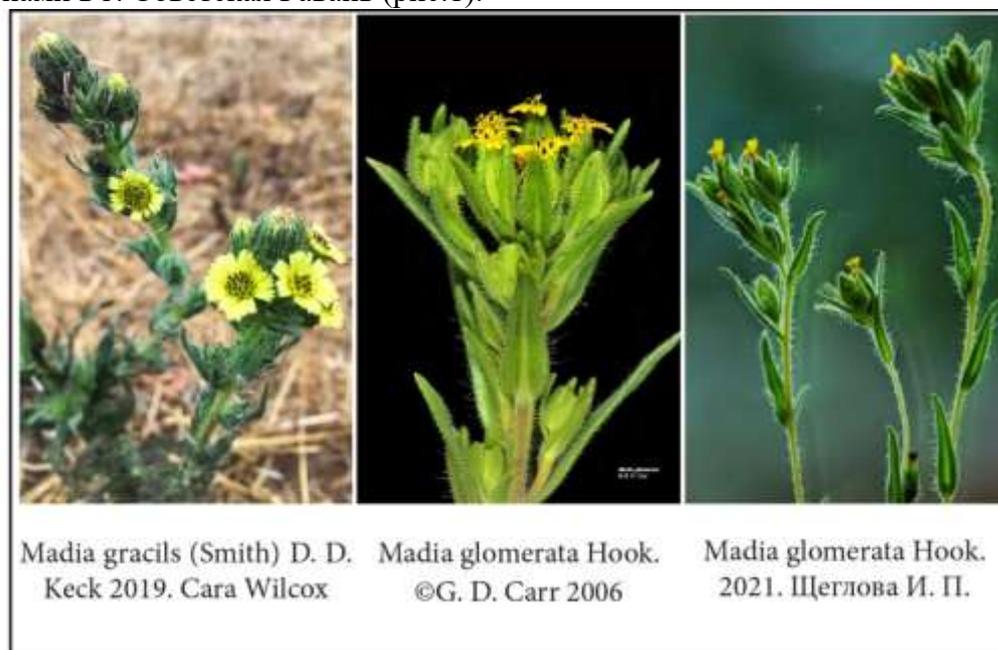


Рис. 1. Сравнительные изображения *Madia gracils* (Smith) D. D. Keck и *Madia glomerata* Hook.

Результаты и обсуждение. Североамериканский род *Madia* Molina и вид *Madia glomerata* Hook. впервые во флоре СССР выявлен нами в 1989 г. на РДВ в г. Советская Гавань Хабаровского края (Антонова, 1991). Растение было обнаружено на территории Северного судоремонтного завода № 1, куда, вероятнее всего, было занесено с судовым балластом. В 1990-е годы завод занимался ремонтом гражданских и военных судов, оборудованием промысловых судов, а также распилом судов на металл. На песчано-гравийной площадке складирования демонтированных деталей судов были обнаружены локальные заросли, состоящие из 48 растений. Через два года в 1991 г. было выявлено второе местообитание *Madia glomerata*. В 4 км от Северного судоремонтного завода на небольшом рудерализированном лугу рядом с железнодорожным вокзалом было обнаружено 15 цветущих растений в первом ярусе злаково-разнотравного сообщества. Повторные обследования этих местообитаний в 1998, 2001 и 2005 гг. не дали результатов - *Madia glomerata* не обнаружена, а в 2017 г. она вновь найдена на пустыре рядом с развалинами Северного судоремонтного завода. В 2018, 2019 гг. на этом местообитании отсутствовала, а в 2021 г. была обнаружена на этом же местообитании вновь.

Анализ литературных источников, баз данных и списков чужеродной флоры показал, что *Madia glomerata*, так и не получила распространения на территории РФ и стран СНГ и до настоящего времени известны только наши находки из одного местонахождения: РФ, Хабаровский край, г. Советская Гавань, микрорайон Курикса, пустырь около развалин Северного судоремонтного завода (48°58'44.92"с.ш., 140°17'31.00" в.д.) (Щеглова, 2022).

Систематика, распространение

Род *Madia* Molina относится к семейству Asteraceae и включает в себя 11 видов (<http://www.ipni.org> и <http://apps.kew.org/wcsp/>). Виды этого рода распространены на западе Северной Америки и на юго-западе Южной Америки. Они представляют собой однолетние или многолетние ароматные травянистые растения с жёлтыми цветками. Один из них *Madia sativa* Molina иногда культивируется, как масличное растение, в том числе и в Европе (Австрия, Бельгия, Чехия, Франция).

Madia glomerata Hook. является наиболее широко распространённым видом рода *Madia*, его естественный ареал охватывает большую часть западной и северной части Северной Америки от Аляски до юго-запада США, большую часть юга Канады и район Великих озер до Атлантического побережья. Проявления в восточной части Северной Америки в основном локальны и широко разбросаны (Hitchcock, Cronquist, 2018.). На Аляске и в Британской

Колумбии вид является заносным и включен в список инвазионных видов (Базы данных VASCAN, АКЕРИС). Так же известны старые гербарные сборы в Европе – Нидерланды (1939 г.), Великобритания (1923 г.), Норвегия (1892 г.) (GBIF). Наши находки сделаны на тихоокеанском побережье Евразии в г. Советская Гавань, расположенном на берегу Татарского пролива, соединяющего Японское и Охотское моря (рис. 2).



Рис. 2. Распространение *Madia glomerata* по (GBIF) с указанием наших находок в г. Советская Гавань (красная точка)

Морфология

Madia glomerata однолетнее травянистое растение высотой 5–120 см. Стебли проксимально ворсинчатые до шиповидных, дистально железисто-опушенные. Жесткоопушенные листовые пластинки от линейных до ланцетно-линейных, 2–10 см × 0,2–0,7 см. Соцветия обычно в скученных клубочках, иногда щитковидные или метельчатые. Обертки веретенообразные узкояйцевидные или эллипсовидные, 5,5–9 мм, волосистые, как и стебель железисто-опушенные, желтоватыми или черными смоляными железками на ножках, с сильным неприятным запахом. Язычковых цветков нет, или их 1–3; венчики от зеленовато-желтых до пурпурных, пластинки 1–3 мм. Дисковые цветки 1–5 (реже 12), обоеполые, фертильные; венчики 3–4,5 мм, пыльники темно-фиолетовые. Семена черные, плоские с твердой оболочкой (семянки), длиной 4–6 мм, покрыты липкими волосками. У семян отсутствует пучок волос (хохолок) на кончике. $2n = 28$. (Flora of North America, 2006; Hickman, 1993)

Выполненные нами измерения вегетативных органов растений из популяции г. Советская Гавань не выявили существенных отличий от растений североамериканских популяций (табл.1).

Таблица 1

Морфометрические характеристики растений *Madia glomerata*
ценопопуляции в г. Советская Гавань

Признаки	№ растения										Средн значе ние
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Высота стебля (см)	46	44	45	33	74	45	42	40	48	35	45,2
Количество боковых стеблей	2	1	3	1	1	2	3	0	3	2	1,8
Листовая пластинка (мм)											
Диапазон длины (см)	28- 43	20- 43	13- 40	25- 33	13- 64	15- 50	10- 50	19- 40	15- 37	13- 35	10-64
Средняя длина	35,5	31,5	26,5	29,0	38,5	32,5	30,0	29,5	26,0	19,0	29,8
Диапазон ширины	13- 20	13- 20	18- 20	13- 20	12- 20	10- 23	11- 24	15	13- 19	13- 22	10-24
Средняя ширина	16,5	16,5	19,0	16,5	16,0	16,5	17,5	15	15,5	17,5	16,7

Средняя высота стеблей составила 45,2 см (от 33 до 74 см), количество боковых побегов от 1 до 3, средняя длина листовой пластинки 29,8 мм (от 10 до 64 мм), и средняя ширина 16,7 мм (от 10 до 24 мм).

Таким образом, исследованные морфометрические параметры соответствуют, таковым в популяциях естественного ареала.

Местообитания

В пределах естественного ареала *Madia glomerata* растет в самых разных средах обитания, включая нарушенные участки. Обычна в сухих открытых местах от полных равнин до среднегорья в горах. Заселяет луга, открытые леса, болота, кустарники, редколесья, окраины болот и озер, пастбища, обочины дорог и нарушенные участки на низких и средних высотах. Часто становится сорным на перевыпасаемых пастбищах и на нарушенных участках, таких как обочины и тропы (Lass, Prather, 2007). В южных широтах *Madia glomerata* встречается в основном в горных условиях, поднимаясь в горы до 3100 м. На остальной территории считается факультативным горным растением, иногда растет на заболоченных территориях, но обычно встречается на возвышенностях. Заносная и натурализовавшийся на Аляске и Британской Колумбии (Канада) почти всегда встречается в возвышенностях, преимущественно в нарушенных местообитаниях.

Местообитания исследуемой ценопопуляции представлены пустолями с нарушенным почвенным покровом и выходами подстилающих горных пород на приморской террасе западной экспозиции бухты Советская Гавань (рис.3).



Рис. 3. Местообитания *Madia glomerata* в г. Советская Гавань

Биология, экология

В условиях естественного ареала *Madia glomerata* цветет с июля по август, а семена созревают с августа по сентябрь. Вид однодомный (отдельные цветки бывают мужскими или женскими, но оба пола могут быть найдены на одном и том же растении), опыляется насекомыми. Растет на легких (песчаных), средних (суглинистых) и тяжелых (глинистых) почвах, но предпочитает хорошо дренированные почвы. Подходящий pH: слабокислые, нейтральные и основные (слабощелочные) почвы. Не может расти в тени. Предпочитает влажную почву. Установлено, что семена посеянные осенью, проросли в конце зимы-начале весны, семена, посеянные ранней весной также хорошо проросли, что говорит о том, что холодная стратификация не требуется. Семена падают с растения по мере созревания и могут потерять всхожесть в течение нескольких недель (Ross, 2012).

По нашим наблюдениям в условиях морского побережья в г. Советская Гавань *Madia glomerata* также цветет с июля по август, а семена созревают с августа по сентябрь. Почвы побережья Татарского пролива представлены буроземами иллювиально-гумусовыми. Они характеризуются небольшой мощностью гумусового горизонта с

высоким содержанием общего азота, количество которого с глубиной быстро снижается. Реакция почв изменяется от кислой и сильнокислой в верхних горизонтах (рН солевой суспензии 3,1-3,4) до кислой и слабокислой в нижних горизонтах (рН 3,2-5,3). Хотя эти почвы и подстилаются щебнистым элювием, но в связи с обычно тяжелым механическим составом мелкозема в нижней части профиля, просачивание дождевых вод в почвенную толщу затруднено. Ливневые осадки свободно фильтруются только сквозь подстилку и структурный гумусовый горизонт. Эти слои быстро насыщаются водой, после чего возникает интенсивный поверхностный сток. Местообитание исследуемой ценопопуляции представляет собой пустырь на берегу бухты на территории бывшего судоремонтного завода в г. Советская Гавань. Несмотря на большую площадь пустыря, *Madia glomerata* формирует полосу вдоль дороги шириной от 1 до 3 м, протяженностью 80 м (26.08.2017 г.) - 40 м (27.08.2021 г.). Она образует относительно плотные группировки или встречается рассеяно в составе рудерального сообщества с преобладанием *Achillea asiatica* Serg., *Artemisia vulgaris* L., *Elymus gmelini* (Ledeb.) Tzvelev, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Geum aleppicum* Jacq., *Medicago lupulina* L., *Persicaria maculosa* S.F. Gray, *Vicia amurensis* Oettel.

Таким образом, возможными сдерживающими расселение *Madia glomerata* факторами в условиях морского побережья являются высокая кислотность почвы, застойное увлажнение почвы и неблагоприятные условия для прорастания и сохранения всхожести семян.

Значение

О пользе *Madia glomerata* (горная смолка, калифорнийский карликовый подсолнух) в Северной Америке говорится, что она привлекает многих местные опылителей и других полезных насекомых. Особенно полезна в качестве источника пыльцы в конце сезона для местных пчел. В дикой природе семена используются в пищу птицами и мелкими млекопитающими, например, суслики используют семена в качестве источника пищи, богатой белком. (Moerman, 2003.). Но расселение этого вида вызывает все больше тревоги. В естественном ареале *Madia glomerata* быстро расселяется на нарушенных землях, в том числе на грубом гравийном субстрате, на песчаных, илистых глинистых почвах. Часто становится доминирующим на перевыпасаемых пастбищах, потому что ее избегает крупный рогатый скот и дикие животные из-за сильного запаха. Обычно растет на открытых солнечных местах. Со временем может быть необходима борьба с этим сорным видом. Рекомендуются такие меры регуляции численности этого вида как периодическое сжигание или кошение, а также посадка деревьев и кустарников,

которые будут затенить этот вид. Актуальной информации о вредителях и болезнях этого вида нет (Reichard, 2005).

Заключение. О высокой степени инвазионного потенциала *Madia glomerata* свидетельствуют то, что в условиях естественного ареала в Северной Америке этот светолюбивый малолетник занимает очень широкий спектр ландшафтов и местообитаний, быстро и массово заселяет нарушенные земли, не поедается животными. Вид включен в списки сорных видов Америки и Канады, расселение которых необходимо контролировать. За пределами естественного ареала на Аляске и в Британской Колумбии этот вид включен в списки опасных инвазионных растений.

На морском побережье РДВ растение успевает пройти полный жизненный, сроки цветения, плодоношения и основные морфометрические показатели соответствуют показателям в естественном ареале Северной Америки. Тем не менее, более 30 лет известно единственное местонахождение и расселение *Madia glomerata* на территории г. Советская Гавань не происходит. Основными сдерживающими факторами, как и для многих других чужеродных видов Хабаровского края, являются природно-климатические условия побережья Татарского пролива. Прохладное дождливое лето, частые туманы, высокая задерненность почвы и временное переувлажнение могут приводить к гибели всходов на начальном этапе развития и низкой семенной продуктивности.

Но нарушенные территории материковой части юга Дальнего Востока могут быть вполне пригодны для внедрения, натурализации и экспансии *Madia glomerata*. При попадании в южные районы края с наиболее теплым климатом, где увлажнение в первую половину лета умеренное и недостаточное, а вегетационный период значительно длиннее, очень велика вероятность ее расселения, как и многих других видов, родиной которых является северо-западная притихоокеанская часть Северной Америки.

Таким образом, несмотря на локальное местонахождение и ограниченную численность ценопопуляции *Madia glomerata* представляет угрозу биологической инвазии, в связи, с чем необходим контроль ее расселения.

Список литературы

- Антонова Л.А. 1991. Материалы к адвентивной флоре Приамурья // Бюллетень Главного ботанического сада. № 160. С. 21.
- Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного Федерального Округа. 2021 / Ю.К. Виноградова, Л.А. Антонова, Г.Ф. Дарман и др. М.: Тов-во науч. изданий КМК. 510 с.

- Щеглова И.П.* 2022. Новые виды во флоре городских поселений залива Советская Гавань (Хабаровский край) // Вестн. Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. № 2. С. 96-98.
- Boufford D. E.* 1997. *Madia*. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. 1993+. Flora of North America North of Mexico. 22+ vols. New York and Oxford. V. 21, P. 255, 257, 295, 296, 298, 300, 302-304.
- Flora of North America.* 2006. Magnoliophyta: Asteridae (in part): Asteraceae, New York: Oxford Univ. Press. Vol. 21. P. 303, 306, 308.
- Hickman J.C. (ed.).* 1993. The Jepson manual: higher plants of California. Berkeley: Univ. of California Press. 1400 p.
- Hitchcock C.L., Cronquist A.* 2018. Flora of the Pacific Northwest: An Illustrated Manual, and Edition. Edited by D.E. Giblin, B.S. Legler, P.F. Zika, and R.G. Olmstead. Seattle: Univ. of Washington Press. 882 p.
- Ickert-Bond S.M., B. Bennett M.L. Carlson J. DeLapp, J.R. Fulkerson, C.L. Parker, T.W. Nawrocki, M.C. Stensvold, and C.O. Webb (eds.).* 2019. Flora of Alaska. <https://floraofalaska.org>
- Las L., Prather T.* 2007. Cluster tarweed / *Madia glomerata* Hook. and Coast tarweed / *Madia sativa* Molina. In: A scientific evaluation for noxious and invasive weeds of the Highway 95 construction project between the Uniontown Cutoff and Moscow. AquilaVision Inc, Missoula, MT. P. 27–28. www.northwestmedia.net/us95/pdf-final/Final-Weed-Report.pdf.
- Madia glomerata* Hook. GBIF Secretariat (2023). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2023-02-01.
- Moerman D.* 2003. Native American ethnobotany: A database of foods, drugs, dyes, and fibers of Native American peoples, derived from plants. Dearborn: University of Michigan. <http://herb.umd.umich.edu/herb/search.pl?searchstring=Madia+glomerata>
- Reichard S.* 2005. The tragedy of the commons revisited: Invasive species. //Frontiers in Ecology and the Environment. № 3(2) P. 103–109.
- Ross T.C.* 2012. Plant guide for mountain tarweed (*Madia glomerata*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center, Corvallis, OR.
- Гербарий Аляски (ALA)* <https://www-uaf-edu.translate.goog/museum/collections/herb>
- Гербарий Тихоокеанского Северо-Запада Северной Америки.* <https://pnwherberia-org.translate.goog>
- База данных VASCAN База данных сосудистых растений Канады 2023* <https://data-canadensys-net.translate.goog/vascan/search>
- База данных АКЕПИС об экзотических растениях Аляски 2023* <https://accs-uaa-alaska-edu.translate.goog/invasive-species/non-native-plants/string=Madia+glomerata>

INVASIVE POTENTIAL OF *MADIA GLOMERATA* HOOK. (ASTERACEAE) IN THE RUSSIAN FAR EAST

L. A. Antonova¹, I.P. Shcheglova²

¹Institute of Water and Environmental Problems, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

²Zapovednoye Priamurye, Komsomolsk-na-Amure

The invasive status of the adventive North American species *Madia glomerata* Hook. is discussed; the possibility and danger of biological invasion by this species of the Russian Far East are assessed. Peculiarities of biology and ecology of *M. glomerata* in natural and secondary habitats are compared.

Keywords: *invasive species, invasive status, alien species, Asteraceae, Khabarovsk Territory, Russian Far East.*

Об авторах:

АНТОНОВА Любовь Алексеевна – кандидат биологических наук, ведущий сотрудник, ФГБУН Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН), Обособленное подразделение «Институт водных и экологических проблем ДВО РАН», 680000, Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56, e-mail: levczik@yandex.ru.

ЩЕГЛОВА Ирина Павловна – младший научный сотрудник, отдел мониторинга, Комсомольский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Заповедное Приамурье» 681000, Хабаровский край, Комсомольск-на-Амуре, пр. Мира 54, e-mail: sh.mishka@mail.ru.

Антонова Л.А. Инвазионный потенциал *Madia glomerata* Hook. (Asteraceae) на российском дальнем востоке / Л.А. Антонова, И.П. Щеглова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 121-130.

Дата поступления рукописи в редакцию: 10.09.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 796

DOI: 10.26456/vtbio338

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПРЕДЕЛАХ СПОРТИВНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ Г. КРАСНОДАРА

**М.Г. Половникова¹, И.Н. Калинина¹, Ю.А. Кудряшова¹,
М.Е. Кудряшов²**

¹Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар

²Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар

В работе рассмотрены проблемы организации системы медико-экологического мониторинга спортивно-оздоровительных сооружений г. Краснодара Краснодарского края Российской Федерации в связи с повышенной техногенной нагрузкой на окружающую среду, влиянием антропогенных факторов среды на состояние здоровья спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой. Дается алгоритм организации системы медико-экологического мониторинга спортивно оздоровительных сооружений и рекомендации по оздоровлению окружающей среды.

Ключевые слова: *медико-экологический мониторинг, спортивно-оздоровительные сооружения, окружающая среда, спорт, физическая культура.*

Введение. Согласно Уставу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), здоровье человека – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие физических дефектов или болезни. Следовательно, здоровый человек гармонично развивается в физическом и умственном плане, легко адаптируется к быстро меняющимся факторам окружающей среды и обладает высокой работоспособностью. Обеспечение сохранения здоровья является одним из важнейших фактор национальной безопасности и стратегической целью общественного развития, которая имеет широкий спектр механизмов управления, включая экологические, значимость которых за последние десятилетия значительно выросла (Лисицын, 2009). Причины экологической опасности для индивидуального и общественного здоровья в первую очередь связаны с увеличением антропогенных нагрузок на окружающую среду (Комаров, Веселкова, 2012; Маренко,

Ларионов, 2014). При этом многие вопросы, связанные с экологией здоровья человека, остаются без должного внимания. Взаимодействие, взаимообусловленность факторов окружающей природы и факторов, составляющих здоровье человека, обеспечивают гомеостаз, стабилизацию адаптивных регуляторных систем и сохранение здоровья. Изменение любой из этих составляющих влечет за собой дисбаланс в системе «человек – среда обитания».

Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года, направленная на формирование у людей сознания к ведению здорового образа жизни, занятию физической культурой и спортом, может быть успешно осуществлена только в условиях благоприятной окружающей среды, в которых может полностью реализоваться весь потенциал, заложенный в человеке.

Проблема, связанная с неблагоприятной экологической обстановкой в г. Краснодаре, стоит достаточно остро. В загрязнение окружающей природной среды города огромный вклад вносят автотранспорт, промышленные предприятия, агрокомплексы, теплоэлектростанции, коммунально-бытовое хозяйство и т.д. Загрязнение атмосферного воздуха, водной среды и почвы в городе является важным предметом обсуждения. Антропогенная деятельность в г. Краснодаре повышает валовой выброс загрязняющих веществ в окружающую среду и способствует их миграции, в том числе и на территории спортивно-оздоровительных сооружений. В связи с этим остро встает вопрос о необходимости создания системы медико-экологического мониторинга для оценки экологической безопасности спортивно-оздоровительных сооружений в г. Краснодаре. При этом она должна являться частью общей службы наблюдения и контроля за состоянием здоровья людей и окружающей среды. Ее функционирование может быть основано на изучении информации о естественных колебаниях и изменениях состояния природных сред, которые возможно получить на основе наблюдений за фоновыми концентрациями, установленными в результате изучения изначального состояния спортивно-оздоровительных сооружений (Малая, Половнникова, Алексанянц, 2018).

Разрабатывая систему медико-экологического мониторинга спортивно-оздоровительных объектов, целесообразно учитывать факторы риска, их выявление, а также установление количественных закономерностей между качеством окружающей среды и состоянием здоровья спортсменов, тренирующихся в этих сооружениях. Данные мониторинговых исследований за состоянием окружающей среды спортивно-оздоровительных объектов являются важной составляющей обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия

спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой, что приведет к укреплению состояния здоровья населения (Новиков, 2011; Каратаева, Хайруллин, Новиков, 2013). Необходимость подобных наблюдений возрастает в связи с увеличением количества лиц, занимающихся физической культурой в Краснодарском крае, который занимает третье место, по данным Министерства спорта РФ за 2021 г., по этому показателю в Российской Федерации.

При этом большое количество токсических веществ, несистематизированной информации, региональные особенности серьезно затрудняют оценку экологических рисков жизнедеятельности человека. Разработка передовых информационных технологий открыла новый этап развития медико-экологического мониторинга. Информационные системы контроля позволяют создать банки данных о состоянии окружающей среды и здоровье спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой, выявить приоритетные токсиканты окружающей среды и их влияние на здоровье, а также рассчитать управляемые факторы экологического риска. Для принятия решений важно найти наиболее адекватный поставленной задаче инструмент анализа разнородных данных. А на государственном уровне – организовать целую систему, которая позволила бы объединить в себе параметры окружающей среды и показатели здоровья спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой, проанализировать и представить их лицам, принимающим управленческие решения. В связи с изложенным, исследования, посвященные наблюдению за экологической обстановкой спортивно-оздоровительных сооружений и ее влиянию на здоровье спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой, и реализации системы медико-экологического мониторинга, являются весьма актуальными.

Цель Проекта: обоснование, разработка и внедрение системы медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара.

Задачи Проекта:

1. Определить степень загрязнения воздушной, водной и почвенной среды в пределах спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара.

2. Провести санитарно-гигиеническую оценку вклада различных источников загрязнения в общую экологическую нагрузку на воздушную, водную и почвенную среду спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара.

3. Установить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой в спортивно-оздоровительных сооружениях г. Краснодара.

4. Провести расчет риска здоровью спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой в спортивно-оздоровительных объектах г. Краснодара, от ведущих факторов воздействия среды.

5. Разработать и обосновать эффективность системы медико-экологического мониторинга спортивно-оздоровительных комплексов г. Краснодара.

6. Создать компьютерную программу для реализации медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара.

7. Подготовить практические рекомендации по оздоровлению окружающей среды спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара и повышению ее экологической безопасности.

Основная часть. Для «управления» состоянием окружающей среды следует осуществлять контроль ее текущего состояния, чтобы предотвращать ухудшение качества среды, оптимальной для жизни человека, прогнозировать изменения и связанные с ними экологические последствия. Реализация медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных сооружений предполагает базироваться на системном подходе. В его основе лежит учет комплексного влияния различных факторов окружающей среды в пространстве и во времени, единая оценка их эколого-гигиенического состояния, что будет способствовать разработке научно обоснованной классификации качества окружающей среды, которая основывается на критериальных показателях, позволяющих характеризовать как наружную, так и внутреннюю среду с учетом степени риска для здоровья человека. Базовым функциональным элементом системы мониторинга спортивно-оздоровительных сооружений г. Краснодара является анализ экологического состояния среды (воздушной, водной, почвенной), по результатам которой можно делать достоверный прогноз экологических рисков, регулировать качество среды обитания, моделировать разные экологические ситуации, заниматься вопросами по оздоровлению окружающей среды и обеспечения экологической безопасности спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой.

При разработке системы медико-экологического мониторинга целесообразно создание и внедрение максимально возможной сети контроля за показателями внешней среды и процессами состояния здоровья, использование расчетных интегральных показателей, отражающих специфические контуры регуляции системы «человек – среда». Структура системы медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара включает в себя четыре крупных модуля (рис. 1) – проектный,

содержательный, учетно-контрольный, модуль практического использования, в пределах которых решаются поставленные задачи.

Общий поэтапный план работы включает в себя:

- постановку цели и основных задач Проекта;
- исследования, связанные с экологическим мониторингом окружающей среды в пределах спортивно-оздоровительных сооружений г. Краснодара;
- определение особенностей функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой в изучаемых объектах;
- создание компьютерной программы для организации сбора и хранения данных медико-экологического мониторинга;
- разработку экологических паспортов, методик экологического мониторинга по снижению антропогенной нагрузки на урбанизированную среду спортивно-оздоровительных комплексов, практические рекомендации по оздоровлению окружающей среды спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара.

В зависимости от точности результатов, которые необходимо получить при проведении мониторинга по тому или иному компоненту, явлению, процессу, от среды, в которой проходят исследования, доступных финансовых и других средств, будут использоваться различные методы медико-экологического мониторинга: определение загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха, воды и почвы будет проводиться химическими, физическими, микробиологическими, статистическими методами; изучение клинко-функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем будет осуществляться клиническими, лабораторными, инструментальными, расчетными, статистическими методами. Для субъективной оценки состояния здоровья респондентов будет проведено анкетирование.

Для реализации системы медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара необходимо использовать специальную компьютерную программу, которая позволит:

- оценить стоимость затрат на восстановление здоровья спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой, которые связаны с негативным влиянием на организм определенного фактора;
- сделать прогноз государственных затрат на восстановление здоровья спортсменов, связанных с отрицательным действием нескольких факторов;
- предложить условия экономической защиты граждан в связи с влиянием окружающей среды в рамках существующей правовой системы.

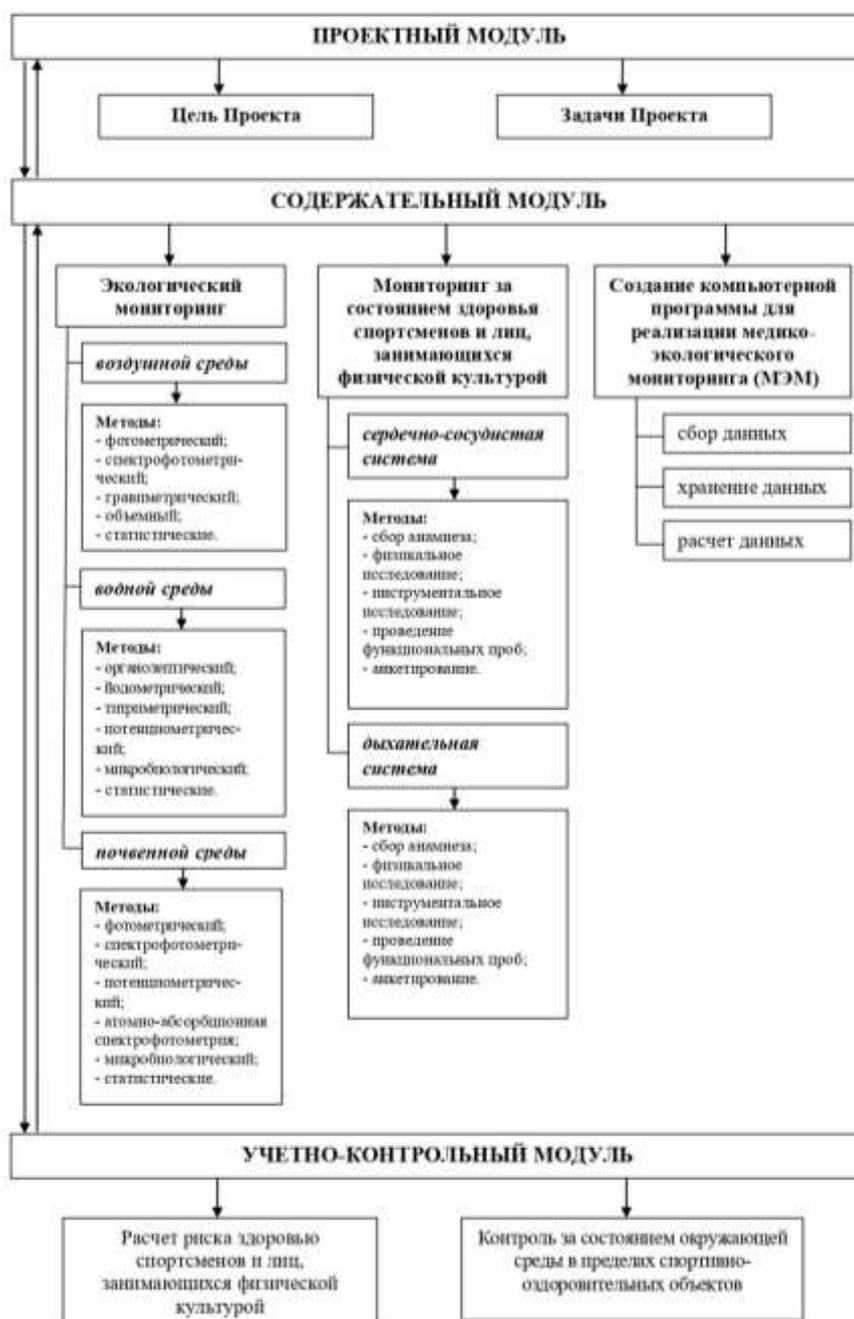


Рис. 1. Модульная система медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара

Исследования экологического состояния спортивно-оздоровительных сооружений г. Краснодара позволят получить новые научные сведения, расширяющие современные представления о

закономерностях взаимодействия организма человека с окружающей средой, и применять их как дополнительные критерии при разработке системы оценки индивидуального и общественного здоровья в условиях загрязнения среды обитания.

Исследования, полученные в ходе мониторинга, могут быть применены для контроля за состоянием окружающей среды, установления локальных зон загрязнения воздушной, водной, почвенной среды, определения экологических параметров содержания поллютантов в атмосферном воздухе, воде и почве спортивно-оздоровительных сооружений, а также для разработки мероприятий по улучшению качества среды обитания в г. Краснодаре.

Данные результатов исследования будут использованы для создания экологических паспортов спортивно-оздоровительных сооружений, могут применяться в разработке методов снижения антропогенной нагрузки на экологическую среду г. Краснодара и Краснодарского края. Будут предложены методические рекомендации для внедрения в муниципальные и региональные учреждения края.

Внедрение системы медико-экологического мониторинга в сферы охраны природы и здравоохранения является экономически выгодным, поскольку, используя минимальное количество технических и людских ресурсов, можно решать задачи по обработке, представлению и анализу медицинских и экологических данных. Рентабельность данной системы дает возможность получения результатов в кратчайшие сроки, что приводит к принятию соответствующими лицами своевременных решений в условиях жестко ограниченной финансовой и временной среде.

Установленные в ходе реализации данного Проекта научные знания будут представлены в качестве концептуальных положений при формировании парадигмы экологического менталитета. Результаты планируемых исследований существенно дополнят научные знания в области спортивной физиологии и спортивной медицины представлениями о закономерностях адапционных процессов, формирующих различные уровни функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем в условиях занятий спортом и физической культурой на территории спортивно-оздоровительных сооружений г. Краснодара. Разработка системы медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных объектов в реальном масштабе времени и использование информационных технологий является одним из важных моментов в обеспечении безопасности окружающей среды и устойчивого развития экономики г. Краснодара и Краснодарского края.

Список литературы

- Каратаева Е.С., Хайруллин А.Г., Новиков В.Ф.* 2013. Проблемы экологической безопасности спортивно-оздоровительных сооружений // Вестник Казанского технологического университета. Т. 16. № 22. С. 49-51.
- Комаров Ю.М., Веселкова И.Н.* 2012. Влияние городской среды на здоровье населения. URL: <http://www.medcom.spb.ru/publ/info/1259>
- Лисицын Ю.П.* 2009. Общественное здоровье и управление здравоохранением. М.: ГЭОТАР-Медиа. 512 с.
- Малая А.К., Половникова М.Г., Алексанянц Г.Д.* 2018. Проблемы экологической безопасности спортивно-оздоровительных объектов в г. Краснодаре и Краснодарском крае // Тезисы докладов XLV научной конференции студентов и молодых ученых вузов Южного федерального округа. Материалы конференции. С. 58.
- Маренко Ю.А., Ларионов В.Г.* 2014. Виды антропогенного загрязнения окружающей природной среды и его влияние на здоровье населения городов как фактор национальной безопасности // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. Т. 14. Вып. 1. С. 27-34.
- Новиков В.Ф.* 2011. Экологическая безопасность спортивно-оздоровительных комплексов / В.Ф. Новиков, О.Р. Каратаев, Е.Р. Каратаев, А.В. Танеева // Россия – спортивная держава: Сб. докл. Международного спортивного форума. Саранск; М.: СпортАкадем Реклама. С. 316-318.
- Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года.* Распоряжение Правительства РФ от 24 ноября 2020 года № 3081-п <https://docs.cntd.ru/document/566430492?marker=6580IP>.
- Устав ВОЗ* <https://www.who.int/ru/about/governance/constitution>.

THE PROJECT OF MEDICAL AND ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM WITHIN THE SPORTS AND RECREATION FACILITIES OF KRASNODAR

**M.G. Polovnikova¹, I.N. Kalinina¹, Y.A. Kudryashova¹,
M.E. Kudryashov²**

¹Kuban State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Krasnodar

²Kuban State Medical University, Krasnodar

The paper considers the problems of organizing a system of medical and environmental monitoring of sports and recreation facilities in Krasnodar, Krasnodar Territory of the Russian Federation, in connection with the increased anthropogenic load on the environment, the influence of anthropogenic environmental factors on the health of athletes and persons

engaged in physical culture. The algorithm of the organization of the system of medical and ecological monitoring of sports and recreation facilities and recommendations for improving the environment are given.

Key words: *medical and environmental monitoring, sports and recreation facilities, environment, sports, physical culture.*

Об авторах:

ПОЛОВНИКОВА Марина Григорьевна – кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», 350015, Краснодар, ул. им. Буденного, 161, e-mail: marinapmg19@mail.ru.

КАЛИНИНА Ирина Николаевна – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», 350015, Краснодар, ул. им. Буденного, 161, e-mail: kalininirina@yandex.ru.

КУДРЯШОВА Юлия Александровна – кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», 350015, Краснодар, ул. им. Буденного, 161, e-mail: yukdrashova@mail.ru.

КУДРЯШОВ Михаил Евгеньевич – студент 3 курса ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 350015, Краснодар, ул. им. Буденного, 161, e-mail: yukdrashova@mail.ru.

Половникова М.Г. Проект системы медико-экологического мониторинга в пределах спортивно-оздоровительных объектов г. Краснодара / М.Г. Половникова, И.Н. Калинина, Ю.А. Кудряшова, М.Е. Кудряшов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 131-139.

Дата поступления рукописи в редакцию: 31.10.22

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

УДК 502.051: 574

DOI: 10.26456/vtbio339

О НЕКОТОРЫХ НЕТРАДИЦИОННЫХ ОБЪЕКТАХ УЧЕБНО-ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

**А.А. Нотов¹, А.Ф. Мейсунова¹, С.А. Иванова¹, В.А. Нотов^{2,1},
В.А. Бордачев², А.А. Колонтаева¹, М.Е. Бычкова¹**

¹Тверской государственной университет, Тверь

²МБОУ СОШ № 3, пос. Редкино

Оригинальные темы и задачи могут существенно повысить интерес студентов и школьников к познанию живой природы. Нетрадиционные объекты являются основой для комплексных исследований по биологии, экологии и другим научным дисциплинам. Среди них полемохоры и индикаторные виды биологически ценных лесов. Проанализирован опыт их изучения в Тверском государственном университете и МБОУ СОШ № 3 поселка Редкино.

Ключевые слова: *высшее и среднее образование, проектно-исследовательская деятельность, научно-исследовательский проект, учебная практика, биология, экология, полемохоры, биологические инвазии, охраняемые виды, индикаторные виды биологически ценных лесов.*

Введение. Биология и экология – наиболее проблемные дисциплины с позиции достижения высокой результативности учебного процесса (Цикало, 2013; Воронин и др., 2018; Петунин, 2018). Крайне сложная организация и многоуровневая иерархия живых систем, потрясающее множество объектов, процессов и явлений, их весьма неоднозначная сопряженность, необъятное биоразнообразие с точки зрения всех его аспектов создают значительные трудности в познании основных закономерностей (Беклемишев, 1964; Чайковский, 1990; Макарова, Сивохина, 2013; Арбузова, 2023). Особое значение в этой связи приобретают средства обучения, которые способствуют развитию интереса к исследовательской деятельности (Тяглова, 2010; Воронин и др., 2018; Алексеев, Кутузов, 2019; Алексеева, 2022; Арбузова, 2023). Существенно расширяют возможности решения этой задачи учебно-полевые наблюдения и оригинальная тематика научных работ, выполняемых в процессе преподавания разных разделов биологии и экологии. В этой связи особенно интересны направления, предполагающие комплексный анализ с позиции не только этих разделов, но и других дисциплин. Качество учебного процесса

© Нотов А.А., Мейсунова А.Ф.,

- 140 - Иванова С.А., Нотов В.А., Бордачев В.А.,
Колонтаева А.А., Бычкова М.Е., 2023

повышает познавательная активность, направленная на изучение нетрадиционных для образовательных программ школ и вузов объектов (Мещеряков, 2014). К их числу можно отнести полемохоры, инвазионные растения, индикаторные виды биологически ценных лесов (БЦЛ) (Выявление..., 2009; Нотов В. и др., 2019, 2023; Нотов А. и др., 2022, 2023а; Мейсурова и др., 2023). Выяснение ценотических позиций этих объектов, динамики их роли в функционировании природных экосистем сопряжено не только с разными аспектами биологии, экологии, сохранения биоразнообразия, но и с проблемами истории, биоэтики, биополитики, устойчивого развития (Нотов В. и др., 2017, 2019, 2023, 2024; Нотов А. и др., 2022). Подобные комплексные исследования имеют большое мировоззренческое и воспитательное значение, формируют экологическое сознание.

Актуален анализ имеющегося опыта изучения этих объектов в рамках учебных исследований школьников и студентов. Цель данной статьи – рассмотреть некоторые примеры их включения в тематику проектов учащихся и ВКР студентов, программы учебных полевых практик в Тверском государственном университете и МБОУ СОШ № 3 поселка Редкино.

Методика. Интерес к выявлению индикаторных видов БЦЛ в Тверской области появился в 2007 г. после реализации первого этапа шведско-российского проекта (Виды..., 2007). Их изучение дополнило проводимые ранее комплексные исследования региональной флоры и сопряженный анализ ее основных компонентов (Нотов А., 2012; Нотов А. и др., 2017б, 2023б и др.). Оно стало одним из элементов программы биомониторинга экосистем Верхневолжья (Нотов А. и др., 2017а, б, 2023б). С 2018 г. в качестве особой группы чужеродных растений стали объектом специального изучения полемохоры (Решетникова и др., 2021 и др.). В настоящее время по каждому отмеченному направлению получены значимые результаты, связанные с разными разделами биологии и экологии (Нотов А. и др., 2022, 2023а, б и др.). Уже на начальных этапах развития интереса к индикаторным видам БЦЛ и полемохам они оказались не только в центре внимания ученых ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», но и стали объектами учебно-полевых исследований студентов и школьников, а позднее магистрантов (Нотов В. и др., 2012, 2019; Нотов А. и др., 2022). Включению этих объектов в проекты учащихся способствовало многолетнее сотрудничество биологического факультета ТвГУ с МБОУ СОШ № 3 поселка Редкино Конаковского района Тверской области, которое осуществляется уже более четверти века. За этот период накоплен опыт реализации совместных проектов специалистов университета со школьниками (Нотов В. и др., 2023 и др.).

В 2012–2023 гг. разработаны задания и программы учебных исследований индикаторных видов БЦЛ на летних полевых, дальних выездных и производственных практиках студентов и магистрантов, возможные варианты выпускных квалификационных работ, а также школьных проектов (Нотов В. и др., 2012, 2019, 2023; Нотов А. и др., 2022; Мейсурова и др., 2023 и др.). В качестве баз практик были ООПТ разного уровня. В их числе Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник (ЦЛГПБЗ) (Тверская область), ПП «Гора Железная» (Ставропольский край). Тематика учебно-полевых работ по полемохам сформирована в 2019–2023 гг. на базе территории бывшего Ржевско-Вяземского плацдарма (Зубцовский, Ржевский, Оленинский районы Тверской области).

При сборе фактических данных мы апробировали и активно применяли методику картирования всех местонахождений видов-индикаторов БЦЛ и полемохов (Нотов В. и др., 2012, 2019; Нотов А. и др., 2022, 2023а). Для каждого пункта с помощью навигатора Garmin GPSmap 60CSx определяли географические координаты. Средствами программы GPS TrackMaker все полевые материалы конвертировали и преобразовали в формат Microsoft Excel. Для пространственной их привязки, представления и анализа данных использовали стандартные методы геоинформационных исследований в среде программ ESRI ArcGIS Desktop 10.6 и облачной ГИС-платформы ArcGIS Online. Создавали электронные карты, картографированные способом значков местонахождений. С их помощью проводили комплексный анализ каждого фрагмента модельных территорий.

Результаты и обсуждение. Обсуждаемые модельные объекты стали значимым средством повышения интереса учащихся к изучению живой природы. Они были сопряжены с новым подходом к анализу биоразнообразия лесных экосистем (Виды..., 2007; Выявление..., 2009), и школьники реально ощущали свою причастность к новой «точке роста» в научных исследованиях. Первый коллективный проект был реализован в рамках экологического лагеря для учащихся, организованного в мае-июне 2012 г. на базе ЦЛГПБЗ (Нотов В. и др. 2012). Были изучены особенности распространения индикаторов БЦЛ на экологических тропах, расположенных в окрестностях поселка Заповедный (рис. 1). Выяснен характер приуроченности индикаторных видов к разным древесным породам и компонентам фитоценозов (Нотов В. и др. 2012). Показано, что подобные проекты могут играть важную роль в экологическом воспитании (Нотов В. и др. 2017).

Постепенно индикаторные виды БЦЛ становились регулярными объектами наблюдений на полевых практиках студентов Тверского университета (рис. 2), а также в научных исследованиях сотрудников (Нотов А. и др., 2017б). Их анализ стал составным элементом модели

комплексного биомониторинга экосистем Верхневолжья, которая была реализована на базе биологического факультета (Нотов А. и др., 2017б).

Крайне важным направлением с точки зрения гуманизации и экологизации образовательной деятельности стали учебно-полевые исследования растений-полемохоров в районе бывшего Ржевско-Вяземского плацдарма. Они существенно усилили воспитательную функцию проектов учащихся (Нотов В. и др., 2019). Изучение этой группы чужеродных видов не только приобрело ярко выраженный междисциплинарный характер, но и стало активно способствовать формированию гражданской позиции и патриотическому воспитанию.

Ущерб и разрушения, связанные с Великой Отечественной войной в пределах плацдарма, были настолько колоссальными, что оценить их реальные масштабы практически невозможно. Наряду с огромными людскими потерями и утратой многих населенных пунктов, активные боевые действия и оккупация привели к существенной трансформации природных ландшафтов.

Исследования полемохоров позволили связать разные аспекты биологии, истории и краеведения (Нотов В. и др., 2019). Участие в них учащихся школ было значимо с точки зрения повышения интереса к истории, событиям Великой Отечественной войны, формированию и развитию нравственно-патриотических чувств. Ржевско-Вяземский плацдарм усиленно укреплялся немцами и сосредоточил значительные силы вермахта. Немцами активно использовались все имеющиеся железнодорожные и автодорожные магистрали, строились новые дополнительные пути. За каждый клочок плацдарма велись затяжные, ожесточённые и кровопролитные бои. Большая часть территории подверглась сильным разрушениям, которые привели к существенной трансформации ландшафтов. Многие населенные пункты были полностью уничтожены и после войны не восстанавливались. Перспективными для поиска полемохоров оказались активно заселявшиеся немцами деревни около крупных транспортных путей, железнодорожные переезды в местах пересечения с основными почтовыми трактами довоенного периода, соединявшими Оленино, Ржев, Зубцов и Погорелое Городище, а также специально создаваемые немцами ветки железных дорог (Нотов А. и др., 2023а).

На территории отмеченных районов сейчас большое внимание уделяется патриотическому воспитанию. Активно работают военно-исторические поисковые центры «Память 29 армии» и «Орел», поисковый отряд «Звезда». В поисковых работах участвуют учащиеся школ Ржевского, Оленинского и Зубцовского районов. При некоторых школах есть музеи, в которых собраны краеведческие материалы, в том числе и по периоду Великой Отечественной войны, например, в Татевской СОШ им. С.А. Рачинского.



Рис. 1. Учащиеся школы на экологической тропе в ЦЛГПБЗ, июнь 2012 г.



Рис. 2. Поиски видов-индикаторов БЦЛ студентами на полевой практике, 1.07.2021 г.



Рис. 3. Фотографирование полемохоров, 2023 г.



Рис. 4. Магистранты изучают редкие виды эпилитов на горе Железная, май 2023 г.

Реализация серии исследовательских работ начата в МБОУ СОШ № 3 поселка Редкино в 2019 году. В ней участвовали учащиеся 11 и 8 классов (Нотов В. и др., 2019). На подготовительном этапе проведено изучение литературы и интернет-ресурсов по разным эпизодам и операциям Ржевской битвы. Существенно дополнены собранные данные при знакомстве с экспозициями и коллекциями Ржевского краеведческого музея, поискового отряда «Звезда», военно-исторического поискового центра «Память 29 армии». В краеведческом музее функционирует экспозиция «Ржевская битва 1942–1943 гг.» и открыта диорама «Бой за Ржев 24 декабря 1942 года». Они дают наглядное представление о событиях военного времени. Тесные контакты со специалистами из Тверского университета способствовали тому, что школьники научились узнавать наиболее обычные в Тверской области виды полемохоров (рис. 3). В их числе *Pimpinella major* L., *Ptarmica vulgaris* Blakw. ex DC., *Heracleum sphondylium* L. Ребята вполне способны участвовать в работах по картированию местонахождений этих видов на территориях, где этап сбора данных еще не завершен. Возможно их подключение к изучению особенностей биологии и экологии полемохоров (Нотов В. и др., 2023, 2024).

Полемохорные заносы становятся сейчас объектами изучения в курсовых проектах и ВКР. Принципиально новая тематика работ для студентов направления «Лесное дело» связана с разработкой проблемы «Структура и динамика лесных фитоценозов с участием полемохоров». Предполагаются также специальные исследования биоморфологии и популяционной экологии полемохоров (Нотов А. и др., 2022, 2023а; Нотов В., 2023).

Дальнейшее развитие направления, связанного с анализом индикаторов БЦЛ, осуществляется благодаря использованию данных о них в ВКР студентов направления «Лесное дело». Есть уже опыт сопоставления роли разных групп индикаторных видов в сосняках, еловых и елово-широколиственных фитоценозах ЦЛГПБЗ.

Анализ индикаторного компонента БЦЛ обладает большим исследовательским потенциалом в рамках организации полевых практик студентов. Особая роль таких практик (Горшкова и др., 2012; Алехина, Хардикова, 2015; Закутнова и др., 2016; Копосова, Уромова, 2016; Булдакова, 2017), а также более широкое по сравнению с полемохорами распространение этой группы объектов позволяет предлагать студентам разные варианты исследовательских задач. Интересный опыт получен в ходе проведения учебной практики магистрантов и студентов ТвГУ в Ставропольском крае на территории эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды (Мейсурова и др., 2023). Комплексные флористические и геоботанические исследования в природных

комплексах Ставропольской возвышенности и гор Пятигорья в пределах Бештаугорского лесного массива на горах Железная и Бештау (рис. 4) показали преимущества более детального анализа экологии и биологии видов, имеющих индикаторное значение в Тверской области, в принципиально ином ботанико-географическом регионе (Мейсурова и др., 2023).

Значительный дидактический потенциал рассматриваемых нетрадиционных объектов учебно-полевых исследований основан, прежде всего, на возможности сформировать и укрепить с их помощью интерес к изучению живой природы. Он является одним из ключевых факторов повышения эффективности учебного процесса. Применительно к отмеченной тематике мотивация к познанию укрепляется благодаря оригинальности модельного объекта, которая обусловлена его выраженной эмоциональной окраской, особой актуальностью анализа, нетривиальностью возможных задач и выявляемых связей.

Привлекает то, что в случае индикаторных видов БЦЛ мы изучаем наиболее «беззащитные» и «ранимые» компоненты биоразнообразия, которые являются последними свидетелями его былого «великолепия» и «величия», исчезающего так быстро, что мы даже не успеваем в полной мере оценить прежнюю роль индикаторного компонента в коренных фитоценозах. «Чувственное содержание» полемохоров еще более яркое и трагичное. Это «горькая память земли» (Сенников, 2012), «печальное эхо прошлой войны», и в то же время «безмолвное предупреждение» об ответственности за сохранение мира на Земле.

Особая актуальность в отношении рассматриваемых объектов очевидна. Исключительно остро она ощущается в случае полемохоров, так как в настоящее время задача сохранения мира приобрела глобальный характер и ключевое значение. В этой связи крайне необходимо детальное переосмысление всех аспектов воздействия мировой войны на устойчивое развитие планеты. Одной из менее изученных является проблема экологических последствий войн. Об этом свидетельствует продолжительный период отсутствия в России специальных исследований, посвященных полемохорам – растениям, занесенным в ходе военных действий. Хотя с момента начала Великой Отечественной войны прошло уже более 80 лет, результаты начатого в Центральной России целенаправленного изучения полемохоров подтвердили их значимую роль в экосистемах (Решетникова и др., 2021; Нотов А. и др. 2023б). Дальнейшая разработка этой тематики важна также с точки зрения привлечения внимания к военной проблематике и патриотического воспитания поколения молодых исследователей.

Нетривиальность возможных задач, связанных с изучением индикаторов БЦЛ, можно продемонстрировать на примере дальнейшей учебной практики магистрантов и студентов ТвГУ, проведенной в 2023 г. в Ставропольском крае на территории эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды (Мейсурова и др., 2023). Хотя в ботанико-географическом отношении Тверская область и регионы Северного Кавказа существенно различаются (Сергеева и др., 2004), по некоторым характеристикам спектры ключевых местообитаний индикаторных видов БЦЛ и охраняемых в Тверской области растений и лишайников оказались сходными (Мейсурова и др., 2023). Их подобие обусловлено встречаемостью в пределах Верхневолжья специфических долинных ландшафтов со скальными обнажениями карбонатных пород в Ржевско-Старицком Поволжье, фрагментов широколиственных лесов на юго-западе Валдайской возвышенности, а также фитоценозов с участием степных и лугово-степных видов (Нотов А., 2012). Это вполне объясняет факт выявления в Пятигорском флористическом районе видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников (рис. 4), которые занесены в Красную книгу Тверской области (2016) и (или) являются индикаторами БЦЛ (Мейсурова и др., 2023). Они представляют, прежде всего, редкие в нашей области неморальные, преимущественно горные, степные, лесостепные и аридные элементы флоры. В этой связи одной из основных исследовательских задач практики на Северном Кавказе стало выяснение характерных особенностей основных местообитаний и типов растительности, экологии и биологии охраняемых в Тверской области растений и лишайников и индикаторных видов БЦЛ. Были сопоставлены особенности распространения, ценологические позиции уязвимых компонентов биоразнообразия Верхневолжья в пределах Тверской области и в Пятигорском флористическом районе (Мейсурова и др., 2023). Особое внимание уделено крайне редким для флоры области монтанным, аридным, степным и неморальным видам сосудистых растений, мохообразных и лишайников. Некоторые из них не встречаются в смежных с Тверской областями и являются редкими для Центральной России (Нотов А., 2012). Все эти группы географических элементов представлены во флоре Пятигорского района и прилегающих к нему территорий. В общей сложности в пределах Пятигорского района обнаружено 29 видов сосудистых растений, 20 видов мохообразных и 3 вида лишайников, включенных в Красную книгу Тверской области (2016). В каждом отмеченном компоненте флоры преобладают неморальные виды (Мейсурова и др., 2023). В пределах Пятигорского флористического района и его приграничной территории выявлено также 10 видов, которые охраняются в Тверской области и в Ставропольском крае.

Таким образом, проведенный в рамках учебной практики анализ биоразнообразия окрестностей Железнодорожского и Пятигорского флористического района, их приграничной территории позволил уточнить ботанико-географические особенности представителей охраняемого компонента флоры Тверской области. Было показано, что применение данного подхода позволяет сделать дальнейшие полевые практики средством более детального анализа охраняемого и индикаторного компонента флоры своего региона (Мейсунова и др., 2023). Кроме того, на таких практиках можно собирать очень интересный материал об особенностях физиологии индикаторных видов БЦЛ, что было сделано на примере *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. et Taub. (Мейсунова, Бычкова, 2023).

Еще шире спектр возможных оригинальных задач и вопросов применительно к растениям-полемохорам. По мере накопления нового фактического материала по этой группе чужеродных видов становится все очевиднее нетривиальность выявляемых связей, возникающих вопросов. В целом феномен полемохорных инвазий крайне сложный и многогранный. Он связан с принципиально новыми для инвазионной биологии проблемами, которые сопряжены с разработкой адекватных подходов, синтезом методов популяционной генетики, биогеографии и фитоценологии. Одним из проявлений феномена является занос семян видов, распространенных в Центральной и Восточной Европе (Нотов А. и др., 2023а). Другим, пока еще неизученным направлением, можно считать анализ динамики формирования и функционирования в местах массовых полемохорных инвазий фитоценозов, которые подобны средневропейским (Решетникова и др., 2021; Нотов А. и др., 2023а и др.). Полнота сходства с луговыми сообществами Средней Европы подтверждает возможность переноса в ходе наиболее масштабных полемохорных инвазий всех ключевых компонентов «чужеземного» ценоза, их активной интеграции и функционирования в составе трансформированного фитоценоза. Данное явление можно образно охарактеризовать как «депортацию сообществ» (Нотов А. и др., 2023а). Оно, безусловно, нуждается в более детальном осмыслении, которое позволит выявить механизмы функционирования и сукцессионной динамики фитоценозов, образующихся в результате «натурализации» всех элементов «депортированных» сообществ. Необходима также дальнейшая разработка понятийного аппарата, который позволит в полной мере отразить многогранность процессов и явлений, обусловленных полемохорными заносами и динамикой натурализации разных компонентов (Нотов А. и др., 2023а). Полученные результаты помогут не только в полной мере оценить экологические последствия мировых войн, но и будут способствовать качественно иному развитию инвазионной биологии.

Заключение. Таким образом, учебно-полевые исследования, основанные на анализе нетрадиционных для образовательной деятельности в области биологии и экологии объектов, обладают ярко выраженным дидактическим потенциалом. Они дают возможность существенно повысить интерес студентов и школьников к познанию живой природы. Индикаторы БЦЛ и полемохоры являются основой для комплексных исследований по биологии, экологии и другим научным дисциплинам, включая гуманитарные науки и биоэтику. Опыт изучения этих объектов в рамках учебно-полевых исследований в Тверском государственном университете и МБОУ СОШ № 3 поселка Редкино свидетельствует о целесообразности их более широкого использования в образовательной деятельности по биологии и экологии.

Список литературы

- Алексеев В.В., Кутузов Р.В.* 2019. Проектно-исследовательская деятельность по биологии в образовательном процессе // Вестн. ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. № 2 (102). С. 47-54.
- Алексеева Р.Р.* 2022. Повышение эффективности и качества обучения биологии с помощью навыков исследовательской деятельности // Вестник научных конференций. № 11-1 (87). С. 9-10.
- Алехина Г.П., Хардикова С.В.* 2015. Учебно-полевая практика по экологии: учеб. пособие. Оренбург: ОГУ, ЭБС АСВ. 106 с.
- Арбузова Е.Н.* 2023. Методика обучения биологии: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт. 274 с. (Высш. образование).
- Беклемишев В.Н.* 1964. Об общих принципах организации жизни // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 69. Вып. 2. С. 22-38.
- Булдакова Н.Б.* 2017. Анализ возможностей использования учебно-полевых исследований с целью развития универсальных учебных действий по биологии // Вестн. Шадринск. гос. пед. ун-та. № 4 (36). С. 123-126.
- Виды, рекомендованные для использования при оценке биологической ценности леса на уровне выделов: Учеб. пособие для определения видов в полевых условиях 2007.* СПб.: СПбГУ. 242 с.
- Воронин Д.М., Завальцева О.А., Хотулёва О.В.* 2018. Подходы к повышению эффективности обучения биологии в школе // Проблемы современного педагогического образования. № 59-4. С. 7-10.
- Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России.* 2009. СПб. Т. 1: Методика выявления и картографирования. 238 с. Т. 2: Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. 258 с.
- Горшкова Т.А., Рассказова М.М., Амосова Н.В., Павлова Н.Н., Латынова Н.Е.* 2012. Учебно-полевая практика как средство активизации познавательной активности студентов-биологов // Изв. Самар. науч. центра РАН. Т. 14. № 5. С. 267-272.
- Закутнова В.И., Пилипенко Т.А., Пироговский М.И., Пилипенко Н.В.* 2017. Биоразнообразие России: методическое обеспечение учебно-полевых практик. Астрахань: Астраханский университет. 159 с.

- Копосова Н.Н., Уромова И.П.* 2016. Учебные практики в системе подготовки бакалавров естественнонаучных направлений // *Современные проблемы науки и образования: [электрон. ресурс]. Вып. 3. С. 237-245. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24528> (дата обращения: 13.12.2023).*
- Макарова О.Б., Сивохина Л.Н.* 2013. Методика обучения биологии: современные подходы. Ч. 1. Новосибирск: Изд. НГПУ, 275 с.
- Мейсунова А.Ф., Бычкова М.Е.* 2023. Оценка влияния экологических факторов на содержание пигментов у эпифитных мхов ПП «Гора Железная» и ее окрестностей (Ставропольский край, город-курорт Железноводск) // *Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. (15 декабря 2023 г.). Комсомольск-на-Амуре: АмГПУ. (в печати).*
- Мейсунова А.Ф., Нотов А.А., Зуева Л.В., Колонтаева А.А., Пигорева А.Р., Бычкова М.Е., Крыласов И.И., Беляков В.Р.* 2023. Практика на Северном Кавказе как средство более детального анализа охраняемого компонента флоры Тверской области // *Систематические и флористические исследования Северной Евразии: Материалы III Всерос. конф. с междунар. участием (к 95-летию со дня рождения проф. А.Г. Еленевского), г. Москва, 19–21 октября 2023 г. М.: МПГУ. С. 228-247.*
- Мещеряков П.В.* 2014. Солоди лесостепного Зауралья – нетрадиционный объект изучения на полевой практике // *Научный диалог. № 1 (25): Естественные науки. С. 106-114.*
- Нотов А.А.* 2012. Сопряженный анализ компонентов флоры как метод выявления флористической специфики природных комплексов разного уровня // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. Вып. 28. С. 80-101.*
- Нотов А.А., Мейсунова А.Ф., Зуева Л.В., Нотов В.А., Андреева Е.А., Иванова С.А.* 2017а. Некоторые итоги реализации модели комплексного биомониторинга экосистем Верхневолжья // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2. С. 244-269.*
- Нотов А.А., Мейсунова А.Ф., Петухова Л.В., Иванова С.А., Зуева Л.В., Андреева Е.А., Спирина У.Н., Степанова Е.Н.* 2017б. Роль кафедры ботаники Тверского университета в изучении биоразнообразия: традиции и перспективы // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 4. С. 203-231.*
- Нотов А.А., Нотов В.А., Иванова С.А., Зуева Л.В., Андреева Е.А.* 2023а. Полемохоры в экосистемах района боевых действий Погорело-Городищенской операции // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 1(69). С. 250-275.*
- Нотов А.А., Павлов А.В., Нотов В.А., Иванова С.А., Зуева Л.В.* 2023б. О флористическом разнообразии лесоболотных массивов долины реки Инюхи // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2(70). С. 95-108.*
- Нотов А.А., Петухова Л.В., Степанова Е.Н., Мейсунова А.Ф., Нотов В.А., Иванова С.А., Зуева Л.В.* 2022. Биоморфологические исследования как элемент комплексного анализа полемохоров Тверской области // *Биоморфология растений: традиции и современность: Материалы Междунар. науч. конф. (г. Киров, 19–21 октября 2022 г.). Киров: Вятский гос. ун-т. С. 261-266.*
- Нотов В.А., Бордачев В.А., Смойлова Н.К., Свеженцева Н.Б., Графи И.С., Нотов А.А., Антропов П.С., Власова Д.Р., Смирнов М.А., Шилов А.В., Елисеев А.С.* 2024. Оборудование центра образования «Точка роста» как средство

- повышения эффективности учебного процесса по биологии // Совершенствование методики преподавания биологии в школе и вузе: Материалы Всерос. науч.-метод. конф. с междунар. участием (к 90-летию со дня рождения А.И. Никишова), г. Москва, 10 ноября 2023 г. М.: МПГУ. (в печати).
- Нотов В.А., Королёва Г.П., Гринёва Э.М., Иванова Т.А., Горшкова М.Е., Эргашева А.З., Холодова В.П., Буянская В.С., Ванифатов М.А., Садыхов Р.А.* 2017. Исследовательские проекты школьников как средство экологического воспитания // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию кафедры ботаники Тверского гос. ун-та (г. Тверь, 8–11 нояб. 2017 г.). Тверь: ТвГУ. С. 286-289.
- Нотов В.А., Нотов А.А., Зуева Л.В.* 2019. Изучение полемохоров как тематическое направление исследовательских работ учащихся // Материалы X Международной конференции по экологической морфологии растений, посвященной памяти И.Г. и Т.И. Серебряковых (Москва, 27–30 нояб. 2019 г.). М. С. 178-183.
- Нотов В.А., Нотов А.А., Петрова О.Н., Перевертайло А.С., Иванова К.В., Кравчук Л.Е., Усова Д.А., Волкорезова А.М., Белоножко И.М.* 2012. Анализ индикаторных видов старовозрастных коренных лесных фитоценозов на экологических тропах ЦЛГПБЗ // Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 95-летию кафедры ботаники Тверского гос. ун-та (г. Тверь, 21–24 нояб. 2012 г.). Тверь: ТвГУ. С. 300-303.
- Нотов В.А., Петухова Л.В., Иванова С.А., Антропов П.С., Соколова К.Н., Ермолаева Т.В., Салунина Е.А.* 2023. Функционирование центра образования «Точка роста» как средство сохранения и развития традиций школы // Систематические и флористические исследования Северной Евразии: Материалы III Всерос. конф. с междунар. участием (к 95-летию со дня рождения проф. А.Г. Еленевского), г. Москва, 19–21 октября 2023 г. М.: МПГУ. С. 248-253.
- Петунин О.В.* 2018. Способы достижения результатов образовательной деятельности школьников по биологии // Биология в школе. № 2. С. 26-29.
- Решетникова Н.М., Нотов А.А., Майоров С.Р., Щербаков А.В.* 2021. Великая Отечественная война как фактор флорогенеза: результаты поиска полемохоров в Центральной России // Журнал общей биологии. Т. 82. № 4. С. 297-317.
- Сенников А.Н.* 2012. Горькая память земли: Растения-полемохоры в Восточной Фенноскандии и Северо-Западной России // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: материалы IV Междунар. науч. конф. Ижевск. С. 182-185.
- Сергеева В.В., Мельникова Е.В., Нагалецкий М.В.* 2004. Флора и растительность Северного Кавказа (местная флора): учеб. пособие. Краснодар: Кубан. гос. ун-т. 223 с.
- Тяглова Е.В.* 2010. Исследовательская и проектная деятельность учащихся по биологии : методическое пособие. 2-е изд., стер. М.: Планета. 254 с. (Уроки мастерства).
- Цикало Е.С.* 2013. Практикум по методике обучения биологии (инновационная методика подготовки учителя биологии). Владимир: ВлГУ. 78 с.
- Чайковский Ю.В.* 1990. Элементы эволюционной диатропики. М.: Наука. 270 с.

**ON SOME NON-TRADITIONAL OBJECTS
OF EDUCATIONAL FIELD RESEARCH
IN BIOLOGY AND ECOLOGY**

**A.A. Notov¹, A.F. Meysurova¹, S.A. Ivanova¹, V.A. Notov^{2,1},
V.A. Bordachev², A.A. Kolontaeva¹, M.E. Bychkova¹**

¹Tver State University, Tver

²Secondary School № 3, Redkino Settlement, Tver Region

Original topics and tasks can significantly increase the interest of students and schoolchildren in the study of wildlife. Non-traditional objects are the basis for comprehensive research in the field of biology, ecology and other scientific disciplines. Among these objects are polemochores and indicator species of biologically valuable forests. We analyzed the experience of studying them in Tver State University and Secondary School № 3 of Redkino Settlement.

Keywords: *higher and secondary education, design and research activities, research project, educational practice, biology, ecology, polemochores, biological invasions, protected species, indicator species of biologically valuable forests.*

Об авторах:

НОТОВ Александр Александрович – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: anotov@mail.ru.

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна – доктор биологических наук, декан биологического факультета, заведующая кафедрой ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: Meysurova.AF@tversu.ru.

ИВАНОВА Светлана Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: dmitrievas@mail.ru.

НОТОВ Валерий Александрович – кандидат биологических наук, учитель биологии МБОУ СОШ № 3 пос. Редкино, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 171261, Тверская обл., Конаковский р-н, пгт. Редкино, ул. Диева, д. 33а, e-mail: vnotov123@mail.ru.

БОРДАЧЕВ Валерий Анатольевич – кандидат педагогических наук, директор МБОУ СОШ № 3 пос. Редкино, 171261, Тверская обл., Конаковский р-н, пгт. Редкино, ул. Диева, д. 33а, e-mail: redsosh3@yandex.ru.

КОЛОНТАЕВА Анна Аделиновна – магистрант направления 06.04.01 Биология (профиль «Экология»), ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: annakolontaeva00.com@gmail.com.

БЫЧКОВА Маргарита Евгеньевна – магистрант направления 06.04.01 Биология (профиль «Экология»), ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: bio.botany@tversu.ru.

Нотов А.А. О некоторых нетрадиционных объектах учебно-полевых исследований по биологии и экологии / А.А. Нотов, А.Ф. Мейсурова, С.А. Иванова, В.А. Нотов, В.А. Бордачев, А.А. Колонтаева, М.Е. Бычкова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 140-154.

Дата поступления рукописи в редакцию: 01.09.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23

Журнал Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология решением Президиума ВАК включен в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата биологических наук.

Контактные данные редакционной коллегии

170002, г. Тверь, пр-т Чайковского, д. 70, ком. 201
Телефон: +7(4822) 32-06-80
e-mail: vestnikbio@gmail.com
главный редактор – Зиновьев Андрей Валерьевич;
ответственный секретарь – Иванова Светлана Алексеевна;
технический редактор – Игнатъев Данила Игоревич.

Вестник Тверского государственного университета.

Серия: Биология и экология № 4 (72), 2023
Подписной индекс: **85683** (интернет-каталог «Пресса России»)

Подписано в печать 26.12.2023. Выход в свет 27.12.2023
Формат 70 x 108 ¹/₁₆. Бумага типографская № 1.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,56.
Тираж 500 экз. Заказ № 300.
Издатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет».
Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33.
Отпечатано в издательстве
Тверского государственного университета.
Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, Студенческий пер., д. 12, корпус Б.
Тел. РИУ: 8 (4822) 35-60-63.
Цена свободная.