

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, 2022

Scientific Journal

Founded in 2005

Registered by the Federal Service for Supervision of Communications,
Information Technology and Mass Media
PI № ФC77-6125 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

- Д.В. Муженя, С.С. Гречишкина, И.Н. Калинина*
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ,
АССОЦИИРОВАННЫХ С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ КАЧЕСТВАМИ ПРИ
СПОРТИВНОМ ОТБОРЕ, НА ПРИМЕРЕ ГЕНА АНГИОТЕНЗИН-
ПРЕВРАЩАЮЩЕГО ФЕРМЕНТА (АСЕ).....7
- А.А. Красова, А.Н. Панкрушина*
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ
ПРИ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА (НА ПРИМЕРЕ
ЖИТЕЛЕЙ Г. РЖЕВ).....22
- О.О. Копкарева, Н.В. Мамедов*
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ СБОРОВ
ФУТБОЛИСТОВ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОМАНДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ
ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ.....31

БИОХИМИЯ

- К.В. Федотова, А.Н. Панкрушина*
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕШЕНИЕ
О ПЕРЕНОСЕ МОЗАИЧНЫХ ЭМБРИОНОВ НА ЭТАПЕ
ПРЕИМПЛАНТАЦИОННОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ.....39

ЗООЛОГИЯ

- А.А. Асочаков, А.А. Дёмин, Н.И. Санкина, С.В. Драган*
ОСОБЕННОСТИ ГНЕЗДОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ ЛАСТОЧЕК
В УСЛОВИЯХ БИРИКЧУЛЬСКОЙ КОЛОНИИ (ДОЛИНА РЕКИ АСКИЗ,
ЮЖНАЯ СИБИРЬ).....50
- А.С. Кирпичев, В.И. Николаев*
РОССИЙСКИЙ ОПЫТ РАЗВЕДЕНИЯ ОБЫКНОВЕННОГО ГЛУХАРЯ (*TETRAO
UROGALLUS L.*): ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ
РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ СВОБОДНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ.....62
- Е.В. Шиков*
ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ НАТУРАЛИЗАЦИИ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ
НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ В ЦЕНТРЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ.....72

БОТАНИКА

- В.К. Тохтарь, А.Ю. Курской, J. Pergi, В.Н. Зеленкова, М.Ю. Третьяков,
М.А. Галкина, Ю.К. Виноградова*
ФЛОРА УРАЛЬСКО-ЗАПАДНОСИБИРСКОГО УЧАСТКА ТРАНССИБИРСКОЙ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ В РАЗЛИЧНЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ
БИОМАХ.....81

*Ю.К. Виноградова, М.А. Галкина, О.В. Котенко, В.К. Тохтарь,
В.Н. Зеленкова, А.Ю. Курской*
РАССЕЛЕНИЕ КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО *ACER NEGUNDO* L. ВДОЛЬ
ТРАССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ.....100

А.Н. Хох, В.Б. Звягинцев
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНАТОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.....111

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

А.А. Нотов, Д.Е. Гимельбрант, И.С. Степанчикова, В.П. Волков
ДОПОЛНЕНИЕ К ЛИХЕНОФЛОРЕ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА.....122

Н.И. Золотухин, А.Ю. Курской, В.К. Тохтарь
ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ УЧАСТКОВ ЗАПОВЕДНИКА
«БЕЛОГОРЬЕ» (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ).....133

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

М.Ш. Газиева
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ
КРОВИ КОЗЛЯТ.....150

Л.В. Алексеева, Д.Л. Арсанукаев, Х.М. Зайналабдиева, Е.Д. Миловидова
ИНДУЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОНАТОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
И ИХ СОЛЕЙ НА ЦИТО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
КРОВИ КОЗЛЯТ.....162

CONTENT

PHYSIOLOGY

- D.V. Muzhenya, S.S. Grechishkin, I.N. Kalinina*
THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE EXPRESSION
OF GENES ASSOCIATED WITH MOTOR QUALITIES IN SPORTS
SELECTION, USING THE EXAMPLE OF THE ANGIOTENSIN-
CONVERTING ENZYME (ACE).....7
- A.A. Krasova, A.N. Pankrushina*
A STUDY ON SOME BLOOD PARAMETERS IN CORONARY ARTERY
DISEASE (ON THE EXAMPLE OF RZHEV RESIDENTS).....22
- O.O. Kopkareva, N.V. Mamedov*
EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE PRECOMPETITION
TRAINING CAMPS OF THE STUDENT TEAM PLAYERS BY INDICATORS
OF PHYSICAL PERFORMANCE.....31

BIOCHEMISTRY

- K.V. Fedotova, A.N. Pankrushina*
ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE DECISION TO TRANSFER
MOZAIC EMBRYOS AT THE STAGE OF PREIMPLANTATION
GENETIC TESTING.....39

ZOOLOGY

- A.A. Asochakov, N.I. Sankina, A.A. Demin, S.V. Dragan*
FEATURES OF NESTING OF BANK SWALLOWS IN THE CONDITIONS
OF THE BIRIKCHUL COLONY (ASKIZ RIVER VALLEY,
SOUTHERN SIBERIA).....50
- A.S. Kirpichev, V.I. Nikolaev*
RUSSIAN EXPERIENCE OF CAPERCAILLIE (*TETRAO UROGALLUS* L.)
BREEDING: HISTORY, CURRENT STATE AND ACHIEVEMENTS
AS A RESULT OF THE CHANGES IN THE METHODS OF FREE KEEPING.....62
- E.V. Schikov*
CHANGES IN THE DEGREE OF NATURALIZATION OF ADVENTITIOUS
SPECIES OF TERRESTRIAL MOLLUSKS IN THE CENTER
OF THE RUSSIAN PLAIN.....72

BOTANY

- V.K. Tokhtar, A.Yu. Kurskoy, J. Pergl, V.N. Zelenkova, M.Yu. Tretyakov,
M.A. Galkina, Yu.K. Vinogradova*
FLORA OF THE URAL-WESTSIBERIAN SECTION OF THE TRANS-SIBERIAN
RAILWAY IN VARIOUS NATURAL BIOMES.....81

*Yu.K. Vinogradova, M.A. Galkina, O.V. Kotenko, V.K. Tokhtar,
V.N. Zelenkova, A.Yu. Kurskoy*
DISPERSAL OF *ACER NEGUNDO* L. ALONG THE TRANS-SIBERIAN
RAILWAY.....100

A.N. Khokh, V.B. Zviagintsev
COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ANATOMICAL PARAMETERS
OF THE ANNUAL LAYERS OF THE SCOTS PINE OF DIFFERENT
GEOGRAPHICAL ORIGIN.....111

BIODIVERSITY AND NATURAL PROTECTION

A.A. Notov, D.E. Himmelbrant, I.S. Stepanchikova, V.P. Volkov
ADDITIONS TO THE LICHEN FLORA OF THE CENTRAL FOREST
STATE NATURAL BIOSPHERE RESERVE122

N. I. Zolotukhin, A. Yu. Kurskoy, V. K. Tokhtar
INVASIVE PLANT SPECIES OF THE AREAS OF THE BELOGORYE
NATURE RESERVE.....133

INTERDISCIPLINARY STUDIES

M.S. Gazieva
THE INFLUENCE OF ESSENTIAL MICROADDITIVES ON THE
PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE BLOOD OF KIDS.....150

L.V. Alekseeva, D.L. Arsanukaev, Kh.M. Zainalabdieva, E.D. Milovidova
INDUCTIVE INFLUENCE OF COMPLEXONATES OF MICROELEMENTS
AND THEIR SALTS ON CYTO-BIOCHEMICAL INDICATORS
OF THE BLOOD OF GOATS.....162

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 57.05, 577.29
DOI: 10.26456/vtbio248

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ КАЧЕСТВАМИ ПРИ СПОРТИВНОМ ОТБОРЕ, НА ПРИМЕРЕ ГЕНА АНГИОТЕНЗИН-ПРЕВРАЩАЮЩЕГО ФЕРМЕНТА (АСЕ)

Д.В. Муженя¹, С.С. Гречишкина¹, И.Н. Калинина²

¹Майкопский технологический университет, Майкоп

²Кубанский государственный университет физической культуры,
спорта и туризма, Краснодар

Актуальным направлением исследований в спорте высших достижений является поиск информативных генетических полиморфизмов, ассоциированных с двигательными качествами спортсменов. Несмотря на определенные результаты в данном направлении, пока не удается установить спектр универсальных маркеров «успешности» спортсмена. Целью данного обзора является проведение литературного анализа практических достижений и теоретических предположений в области спортивной генетики, касающихся возможного влияния различных факторов на экспрессию генов, ассоциированных с двигательной активностью (на примере Ins/Del полиморфизма АСЕ гена). Статья построена с учетом современных молекулярно-генетических исследований по данной теме за последние двадцать пять лет, представленных в международных базах данных сети Интернет.

Ключевые слова: спорт, отбор спортсменов, генетика, ген АСЕ, экспрессия генов, межгенное взаимодействие, питание, метилирование.

Введение. Официальное становление «спортивной генетики» произошло на олимпийском научном конгрессе «Спорт в современном обществе» в Тбилиси в 1980 г. Термин «генетика физической деятельности», предложенный в 1983 г. Claude Bouchard (Канада) ознаменовал актуальность поиска генетических детерминант успешной спортивной деятельности и уже в 1995 г. начат международный проект «HERITAGE» (Health, Risk Factors, Exercise Training and Genetics), в котором участвовало несколько исследовательских центров, изучавших связь между генотипическими и фенотипическими признаками (Bouchard et al., 1995)

На сегодняшний день в мире существует большое количество международных проектов, нацеленных на поиск генетических

детерминант, способствующих успешности в спортивной деятельности на пример такие, как: «GENATHLETE» под руководством Wolfarth (2002), «IRONMAN» - Collins et al. (2004), The Japanese Human Athlome Project (J-HAP) - Fuku и POWERGENE - Pitsiladis (Pitsiladis et al., 2016), что позволило установить некоторые факты и закономерности с современной спортивной генетике. Так, согласно результатам, полученным коллективом Raikinen et al. (2016), в рамках проекта «GENATHLETE», проанализировавших 45 перспективных генетических маркеров, ассоциированных с выносливостью у 1520 спортсменов из 7 стран (Австралия, Эфиопия, Япония, Кения, Польша, Россия и Испании), общих или специфических генов, связанных с искомыми физическими качествами не выявлено. Аналогичные исследования, проведенные другими научными группами, не установили строгих корреляционных закономерностей между фенотипическими признаками и генами (Williams et al., 2000; Eynon et al., 2011; Grealy et al., 2015; Yvert et al., 2016). Следует отметить, что Eynon et al. (2011) в своей работе рассмотрев генетическую панель успешности спортсменов, предложенную Williams и Folland (2008), модифицировав ее, пришли к выводу, что эффективность среди обследованных спортсменов невысока и составляет всего $70,2 \pm 15,6$ (%) против $60,8 \pm 12,1$ (%) контрольной группы. Отмечается также, что ни у одного спортсмена данный показатель не составил 100%. Неоднозначные результаты получены в менее крупных исследованиях независимыми лабораториями в других странах (The National Center for Biotechnology Information, 2021).

Однако, несмотря на отдельные успехи в области установления прогностически значимых маркеров необходимо отметить, что проведенные исследования, не обеспечивают целостного представления о влиянии различных факторов на экспрессию генов, ассоциированных с двигательной активностью. Поэтому целью данного обзора является проведение литературного анализа практических достижений и теоретических предположений в области спортивной генетики, касающихся влияния различных факторов на экспрессию генов, ассоциированных с двигательной активностью (на примере Ins/Del полиморфизма ACE гена).

Ген ACE и его функции. Ген ангиотензин-превращающего фермента (ACE) открытый 20 лет назад стал первым «структурным элементом», который внес существенный вклад в развитие спортивной генетики и представлений о влиянии генов на физическую работоспособность человека (Mattei et al., 1989) ACE - картирован в 17 хромосоме (17q23), размер которой составляет 22

т.п.н. (26 экзонов и 25 интронов) (Ehlers, 1989). Ген ACE альтернативно сплайсируется, продуцируя 2 изозима: эндотелиальная или соматическая форма, а также тестикулярная форма (Nakamura et al., 2004).

В международных базах данных «HuGE Literature Finder» и «National Center for Biotechnology Information» (The National Center for Biotechnology Information 2021; HuGE Literature Finder, 2021) имеется значительное количество независимых исследований и мета-анализов, посвященных проблеме изучения ассоциации полиморфизма I/D гена ACE с развитием специфических физических качеств у спортсменов. Однако необходимо отметить, что единого мнения, поэтому поводу не существует.

Установлено, что частота встречаемости I полиморфизма и II генотипа гена ACE значительно выше среди спортсменов, специализирующихся в видах спорта, где необходима выносливость (велосипедисты, бег на длинные дистанции, гребля и др.) (Dékány et al., 2006; Min et al., 2009; Cieszczyk et al., 2009), а D аллель и гомозиготный DD генотип у спортсменов со скоростными качествами (бег и плавание на короткие дистанции, единоборства, футбол, баскетбол) (Cerit et al., 2006; Paradimitriou et al., 2009; Muniesa et al., 2010). Существует ряд исследований, придерживающихся как противоположной точки зрения (Ginevičienė et al., 2011; Ma et al., 2013; Shahmoradi et al., 2015), так и не установивших ассоциации совсем (Grenda et al., 2013; Mägi et al., 2016). Возникает вопрос, почему же не удастся выявить «строгих» генетических маркеров «успешности»? Возможно, это связано с тем, что организм является открытой физиологической системой, на которую могут оказывать влияние различные факторы как экзогенного, так и эндогенного характера, подавляя или усиливая работу отдельных структур, в том числе генов. Например, на организм оказывает влияние окружающая среда (ген-среда), формируя уникальный фенотип человека, или биохимические процессы, внося коррективы в функциональные показатели. Далее в статье каждый из возможных факторов будет рассмотрен более подробно.

Межгенное взаимодействие. Во-первых, необходимо иметь четкое представление, насколько сильное влияние оказывает ген на фенотип спортсмена. De Moor et al. (2007), применив близнецовый метод, проанализировав 4488 британских взрослых монозиготных и дизиготных женщин близнецов, пришли к выводу, что успех спортсменов возможно лишь на 66% объяснить генетической обусловленностью, остальные же 34% обусловлены другими факторами. Понимание механизма работы генов, а также их взаимодействия (ген-генное отношение) может играть ключевую роль в оценке перспективности использования маркеров так, как даже

наличие искомой мутации у человека может просто подавляться работой «гена – антагониста» и не вносить активный вклад в спортивную успешность.

В 2016 г. опубликована работа Dhamrait et al. (2016), о влиянии мутаций (UCP3-55C > T; UCP2-866G > A; UCP2 D/I) в митохондриальных разобщающих белках (UCP) на активность системы РААС и АСЕ в частности. В качестве испытуемых выбраны: 250 здоровых мужчин – британцев и 262 больных с сахарным диабетом, проживающих на территории Дании. Установлено, что взаимодействие между уровнем синтеза АСЕ и активностью UCP происходит по принципу обратной связи: воздействие Ang II на изменение митохондриальной активности, через модификацию экспрессии UCP, и как следствие изменение синтеза Ang II, посредством регуляции активности АСЕ. Показано, что UCP так же может оказывать воздействие на АСЕ и вне сосудистого русла, в тканях и органах, что может создавать «перекрестные помехи» между клеточным и эндокринным метаболизмом. Авторы отмечают, что выявление данных закономерностей может иметь важное прикладное значение в спорте, позволяя осуществлять контроль за метаболизмом организма, а также изучить влияние мутаций в гене АСЕ на данный процесс (Dhamrait et al. 2012; 2016).

Особый интерес представляет модельный эксперимент Hamilton et al. (2013), на чистокровных породах лошадей, выведенных селективно, с определенными физическими качествами. Генетический анализ выявил SNP расположенный в 16 интроне, гомологичный тому, что содержит Alu повтор у человека. Обнаруженная консервативная последовательность 18 п.н. в пределах этого интрона, идентифицирована как потенциальный сайт связывания транскрипционных факторов Oct-1, NFH-1 и HNF-3 β , которые могут влиять на метаболизм, гладкую мускулатуру и дифференцировку клеток. По мнению вышеуказанных авторов, понимание механизмов взаимодействия гена АСЕ и транскрипционных факторов позволит расширить современные представления о регуляции работы генов, их взаимодействии и иметь прикладное значение, как в медицине, так и в спорте.

Другим перспективным направлением исследований следует признать изучение влияния микро-РНК (micro-RNA или miRNA) на активность генов, связанных со спортивной успешностью. В качестве аналогии можно привести действие miRNA на функциональную активность гена рецептора – 1 типа ангиотензина-2 (AGTR1). Наиболее изученным полиморфизмом гена AGTR1 является A1166/1166C (rs5186) с нуклеотидной заменой аденина на цитозин (A>C) в 1166 позиции специфичной нетранслируемой 3'-UTR

(untranslated regions) области, которая содержит мишени для микро-РНК (micro-RNA или miRNA) и определяет поведение гена. В гене AGT2R1 3'-UTR регулирует уровень экспрессии гена посредством 155miRNA, кодируемой 21 хромосомой. Установлено, что 155 miRNA оказывает ингибирующее действие на нормальную («дикую») A1166 аллель, снижая тем самым продукцию гена AGT2R1, однако с мутантным 1166С полиморфным вариантом такого эффекта не наблюдается, что приводит к оверэкспрессии гена и росту уровня AGT2R1 (Ашканова и др., 2015)/ Возможно, имеется ряд miRNA действующих по такому же принципу, но неизвестно какое влияние оказывает Ins/Del Alu повтор на правильность работы данной системы.

Влияние катионов. Согласно современным литературным данным существенный эффект на активность ферментов может оказывать водно-электролитный баланс. Используя математическое моделирование и физико-химические методы Yates et al. (2013) установили, что на ACE могут оказывать влияние ионы хлора. Результаты были получены с использованием анализа на основе калориметрии с изотермическим титрованием (ИТЦ), предоставляющего подробную информацию о термодинамических и кинетических параметрах фермента при различных концентрациях хлорида. Функциональность ACE регулируется через взаимодействие концевых доменов белка с ионами хлора по принципу прямой связи, чем выше концентрация хлора, тем больше свободного/несвязанного ACE. Однако следует отметить, что, несмотря на чувствительность к хлору, для активации С-домена требуется более высокая концентрация ионов, чем N-домена, что так же может играть важную роль в регуляции физиологических процессов организма. Разница в средстве к ингибиторам ACE трандолаприлат, эналаприлат и лизиноприл, между N- и С-доменами больше при высокой концентрации хлорида (300 mM), тогда как для каптоприла разница больше при низкой концентрации хлорида (20 mM) (Yates et al., 2014).

Авторами отмечено, что полученные результаты послужат основой для разработки специфических препаратов для борьбы с гипертензией за счет селективного контроля ионного обмена. С учетом того, что ACE обнаружен практически во всех тканях (мозг, почки, костный мозг, поджелудочная железа, жировая ткань), где уровни хлорида могут значительно варьироваться, существует возможность контроля не только гемодинамики, но и всех опосредованных функций ACE (Paul et al., 2006; Watermeyer et al., 2009; Abadir et al., 2011). Необходимо подчеркнуть, что интенсивные физические нагрузки способны провоцировать дисбаланс ионов хлора, влияя на активность ангиотензин-превращающего фермента. Поэтому изучение механизма регуляции активности фермента с учетом наличия Ins/Del

полиморфизма гена ACE может повысить эффективность генетических исследований.

Метилирование. Как известно эпигенетические влияния, такие как ацетилирование гистонов и метилирование островков CpG, представляют собой процессы, которые влияют на экспрессию генов без изменения ДНК-кодирующей последовательности и не ограничиваются пре- и постнатальными периодами, а возникают на протяжении всей жизни (Warzak et al., 2015; Cominetti et al., 2017). Как правило, гиперметилирование участков CpG промотора гена приводит к подавлению экспрессии гена, а гипометилированными стимулируют обратный эффект. Важно отметить, что промотор гена человеческого ACE, также содержит CpG-острова, которые могут оказывать влияние на экспрессию гена (Sharp 2010; Rivière et al., 2011; Raleigh 2012).

В своей работе Zill et al. (2012) установили, что гипометилирование в области -465/-255 (24 CpG- сайта) гена ACE приводит к снижению выработки уровня ACE, а повышение гиперметилированности приводит к росту маркеров сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) таких, как ICAM-1, VCAM-1, E-селктинов, P – селктинов и MCP-1, увеличивая тем самым риск развития патологии. Данное открытие может иметь прикладное значение, как в спорте, так и донозологической диагностике ССЗ у спортсменов, особенно в свете последних событий связанных с ростом случаев «синдрома внезапной смерти» во время тренировок и соревнований (Barry, 2015). Однако остается открытым вопрос о влиянии эпигенетических механизмов на функциональную активность гена ACE спортсменов при выполнении интенсивных физических нагрузок, с учетом наличия или отсутствия инсерционно/делеционного полиморфизма (Gallou-Kabani et al., 2007).

Роль питания. Необходимо подчеркнуть, что спорт высоких достижений предъявляет серьезные требования к организму спортсмена в процессе подготовки. Поэтому нельзя забывать о том, что все профессиональные спортсмены во время тренировочной деятельности не только придерживаются особого типа питания, который существенно отличается от рациона обычного человека, незанимающегося спортом, но и принимают фармакологические препараты поддержки. Доказано, что питательные вещества вызывают эпигенетические изменения, влияя на факторы транскрипции такие, как метилирование ДНК, изменяя экспрессию генетической информации на уровне геной регуляции, трансдукции сигнала и изменениях структуры хроматина и функции белка (Sharp 2010). Существуют лонгитюдные модельные эксперименты на животных V.D. Longo et al. (2010, 2013), в которых получены новые знания,

доказывающие влияние типа питания на физиологическое состояние организма в целом и активность генов в частности.

Исследования с участием монозиготных близнецов, с идентичным геномом при рождении, но с формирующимися фенотипическими отличиями в течение жизни доказывают, что факторы окружающей среды способны воздействовать на структуру генов изменяя их функциональные свойства. Однако, количество публикуемых работ, связывающих особенности рациона взрослых близнецов с эпигенетическими видоизменениями ограничено. Тем не менее, многие авторы поддерживают точку зрения V.D. Longo, что питание может иметь долгосрочные последствия на экспрессию генов, особенно при резком изменении потребляемого общего калоража (Zhang 2015; Zheng et al., 2015; Melnik 2015).

Например Melnik (2015) на основании метаанализов 342 источников пришел к выводу, что цельное коровье молоко способно оказывать влияние на эпигенетические процессы в гене FTO посредством экзосомальной микроРНК-29. Механизм, которого основан на гиперметилировании гена FTO с помощью микроРНК-29, что, по его мнению, приводит к повышению активности транскрипции и генерации различных вариантов сплайсинга мРНК, участвующих в адипогенезе и активации mTORC1, повышая в несколько раз риск развития ожирения. Следовательно, интенсивные физические нагрузки и особенности питания спортсменов, возможно, оказывают влияние не только на активность генов, но и на их структуру, как взаимоотношение среда-ген. Данный факт может играть важную роль при изучении работы гена ACE.

Действие фармакологических препаратов. Другим аспектом является широкое распространение фармакологических препаратов в спорте, которые позволяют повысить эффективность тренировочного процесса и результативность спортсменов. Однако, кроме положительных эффектов многие из них имеют и побочные, которые могут приводить к нежелательным состояниям, взаимодействуя с другими веществами, находящимися в организме, влияя на синтез белка или эффективность работы ферментов при физических нагрузках. В модельном эксперименте на мышах Fujiki et al. (2008) доказали усиливающее действие H_2O_2 , выделяемого эндотелием сосудов, на активность препарата «Гемосаргил», ингибирующего работу ACE, а также стимуляцию синтеза eNOS. В современной литературе имеется большое количество работ по клинической фармакологии, посвященных изучению взаимодействия препаратов и биологически активных веществ в организме человека [The National Center for Biotechnology Information, 2021]. В спорте, аналогичные исследования в научной литературе практически не представлены, так

как в большинстве случаев использование препаратов является допингом и запрещено. Поэтому изучение механизмов воздействия различных химических веществ, содержащихся в медикаментах, на организм, и в частности фермент и ген ACE, при физических нагрузках предстоит еще изучить, для повышения эффективности генетического отбора в спорте.

Этническая принадлежность. Немаловажное значение может также играть и этническая принадлежность спортсменов (Pitsiladis et al., 2016). В интерактивной базе данных «National Center for Biotechnology Information» (The National Center for Biotechnology Information 2021) опубликованы работы, в которых представлены противоречивые результаты исследований, касающиеся ассоциации Ins/Del полиморфизма гена ACE с развитием физических качеств (скорость, выносливость) в группах легкоатлетов (бег). Согласно этим данным, среди легкоатлетов – стайеров, с выносливостью ассоциирована I аллель и является более информативной, чем делеция гена ACE. Следует отметить, что большая часть работ проведена на спортсменах европейского и африканского происхождения, однако это не отражает их истинной этнической принадлежности, а только указывает на принадлежность к общей расовой группе, что так же может сказываться на результативности экспериментов. Представленные результаты доказывают, что географические особенности условий проживания популяций, а также процесс адаптации к ним могут корректировать работу гена и фенотип в целом. Поэтому поиск и отбор перспективных генетических маркеров необходимо проводить с учетом этнической принадлежности спортсмена при формировании анализируемых групп. Однако во многих исследованиях данный фактор не учитывается, что также может снижать информативность полученных данных.

Риск болезни. Одной из наиболее актуальных проблем современной спортивной медицины является исследование «синдрома внезапной смерти» (СВС) у квалифицированных спортсменов. Около 85% всех случаев СВС вызвано функциональными нарушениями в работе сердечно-сосудистой системы (ССС). Следует отметить также, что смертность от ССЗ среди квалифицированных спортсменов в возрасте от 12 до 35 лет в 2,5 раза превышает данный показатель для лиц, не занимающихся спортом (Barry, 2015). Однако остается практически не раскрытой проблема, почему Ins/Del полиморфизм ACE гена в зависимости от контекста, может рассматриваться, как мутация, способствующая развитию физических качеств, но не рассматривается, как фактор, провоцирующий имеющуюся патологию?

Например, сравнивая исследования Shahmoradi et al. (2014) с Firouzabadi et al. (2012) и A. Moradzadegan et al. (2015) проведенные на популяции, проживающей на территории Ирана, можно прийти к выводу, что D аллель и D/D генотип гена ACE в первом случае ассоциированы с развитием выносливости у иранских спортсменов, а в двух других случаях с повышенным риском развития ишемической болезни сердца и поражением коронарных артерий. Верно ли тогда утверждение, что у спортсменов риск развития заболевания в условиях воздействия интенсивных физических нагрузок можно соотнести с группой больных в конкретном случае? Где находится граница, при переходе которой, наблюдаются изменения в положительную или отрицательную сторону, и каковы механизмы ее регуляции?

Заключение. Литературный обзор является попыткой объяснения возможных факторов и механизмов, маскирующих эффективность работы генов, что снижает результативность поиска специализированных маркеров. Многие аспекты актуальны и требуют дальнейшей концептуальной работы. Однако, на сегодняшний день, один из вариантов роста эффективности результатов исследований, это использование нового подхода к работе. Например, разработка единого стандарта генетических изысканий в области генетики спорта, который будет определяющим для отбора и проведения работ всеми исследователями. В этот стандарт, возможно, необходимо включить единое количество испытуемых, анализ этнической принадлежности до 3-го поколения, единую возрастную группу, а также разработку современной, строго специализированной модели классификации различных видов спорта по группам. Другим вариантом развития является создание опытных групп спортсменов в зависимости от типа питания и фармакологической поддержки, а также без них, с целью отслеживания и сравнения успешности человека с учетом интересующих полиморфизмов.

Одним из возможных недостатков модели проводимых исследований является то, что большинство из них являются кросс-секционными, и не отражают динамики колебаний функциональных показателей спортсменов в течение тренировочного цикла. Следовательно, проведение лонгитюдинальных работ позволит отслеживать успешность спортсмена на всем протяжении времени и проанализировать возможное влияние тех или иных факторов, в том числе генетических полиморфизмов.

Перспективным является направление, идущее по пути увеличения количества модельных экспериментов на животных потому, что многие животные такие, как лошади и собаки выводятся чистокровными, «узкопрофильными» породами, с набором строго определенных качеств, а также имеют гомологичные структуры генам

человека. На наш взгляд, проведение генетических тестирований на животных позволит расширить современные знания о механизмах регуляции и взаимодействия генов, а так послужит фундаментальной основой для понимания работы систем ген-ген, ген-среда для человека.

С учетом выше изложенного можно сделать вывод о том, что понимание механизмов действия эпигенетических, биологических и др. факторов на гены, будет способствовать расширению представлений об основополагающих принципах функционирования различных систем организма в условиях интенсивных физических нагрузок, позволяющих эффективно развивать специфические качества спортсменов (сила, быстрота или выносливость) с учетом генетических особенностей.

Список литературы

- Ашканова Т.М., Муженя Д.В., Пишдаток А.Р., Тугуз А.Р., Смольков И.В., Шумилов Д.С.* 2015. Прогностическая роль A1166C полиморфизмов гена рецептора 1 типа ангиотензина II (AGT2R1) при коронарном атеросклерозе у жителей Республики Адыгея// *Российский кардиологический журнал.* № 10. С. 19-23.
- Bouchard C., Leon A.S., Rao D.C., Skinner J.S., Wilmore J.H., Gagnon J.* 1995. The HERITAGE Family Study: Aims, design, and measurement protocol// *Med. Sci. Sports Exerc.* № 27. P. 721-729.
- Wolfarth B.* 2002. Genetische Polymorphismen bei hochtrainierten Ausdauerathleten - die Genathlete-Studie // *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* № 12. P. 338-344.
- Collins M., Xenophontos S.L., Cariolou M.A., Mokone G.G., Hudson D.E., Anastasiades L., Noakes T.D.* 2004. The ACE gene and endurance performance during the South African Ironman Triathlons // *Med. Sci. Sports Exerc.* № 36. P. 1314-1320.
- Pitsiladis Y.P., Tanaka M., Eynon N., Bouchard C., North K.N., Williams A.G., Collins M., Moran C.N., Britton S.L., Fuku N., Ashley E.A., Klissouras V., Lucia A., Ahmetov I.I., de Geus E., Alsayrafi M.* 2016. Athlome Project Consortium: a concerted effort to discover genomic and other "omic" markers of athletic performance // *Physiol. Genomics.* № 48(3). P. 183-190.
- Rankinen T., Fuku N., Wolfarth B.* 2016. No Evidence of a Common DNA Variant Profile Specific to World Class Endurance Athletes // *PLoS One.* №11(1). P. 245-258.
- Eynon N., Ruiz J.R., Meckel Y., Santiago C., Fiuza-Luces C., Gómez-Gallego F., Oliveira J., Lucia A.* 2011. Is the -174 C/G polymorphism of the IL6 gene associated with elite power performance? A replication study with two different Caucasian cohorts// *Exp. Psychol.* № 96. P. 156-162.
- Grealy R., Herruer J., Smith C.L., Hiller D., Haseler L.J., Griffiths L.R.* 2015. Evaluation of a 7-Gene Genetic Profile for Athletic Endurance Phenotype in Ironman Championship Triathletes // *PLoS One.* № 10(12). P. 45-53.

- Yvert T., Miyamoto-Mikami E., Murakami H., Miyachi M., Kawahara T., Fuku N.* 2016. Lack of replication of associations between multiple genetic polymorphisms and endurance athlete status in Japanese population // *Physiol. Rep.* №4 (20). P. 124-128.
- Williams A.G., Rayson M.P., Jubb M., World M., Woods D.R., Hayward M., Martin J., Humphries S.E., Montgomery H.E.* 2000. The ACE gene and muscle performance// *Nature.* №10 (403). P. 614.
- Williams A.G., Folland J.P.* 2008. Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance // *J. Physiol.* №586 (1). P. 113-121.
- The National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата обращения 25.09.21).
- Mattei M.G., Hubert C., Alhenc-Gelas F.* 1989. Angiotensin-I converting enzyme gene is on chromosome 17 // *Cytogenet. Cell Genet.* №51. P. 1395-1441.
- Ehlers M.R., Riordan J.F.* 1989. Angiotensin-converting enzyme: new concepts concerning its biological role // *Biochemistry.* №28. P. 51-58.
- Nakamura Y., Tamaki S., Uchida Y., Ohmichi N., Yamaoka O., Miyauchi N., Fukuhara T., Sayama H., Yamada T., Matsuo S., Yamada Y.* 2004. Angiotensin converting enzyme genotype influences the response to the angiotensin II receptor antagonist losartan in patients with hypertension// *Hypertens. Res.* № 27(3). P. 137-140.
- HuGE Literature Finder [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://phgkb.cdc.gov/PHGKB/startPagePubLit.action> (дата обращения 25.09.2021).
- Min S.K., Takahashi K., Ishigami H., Hiranuma K., Mizuno M., Ishii T., Kim C.S., Nakazato K.* 2009. Is there a gender difference between ACE gene and race distance// *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* № 34. P. 926-932.
- Cieszczyk P., Krupecki K., Maciejewska A.* 2009. The angiotensin converting enzyme gene I/D polymorphism in polish rowers // *Int. J. Sports Med.* №30. P. 624-627.
- Dékány M., Harbula I., Berkes I., Györe I., Falus A., Pucsok J.* 2006. The role of insertion allele of angiotensin converting enzyme gene in higher endurance efficiency and some aspects of pathophysiological and drug effects// *Curr. Medical Chemistry.* №13. P. 2119-2126.
- Cerit M., Colakoglu M., Erdogan M., Berdeli A., Cam F.S.* 2006. Relationship between ace genotype and short duration aerobic performance development// *Eur. J. Appl. Physiol.* №98 (5). P. 461-465.
- Papadimitriou I.D., Papadopoulos C., Kouvatsi A., Triantaphyllidis C.* 2009. The ACE I/D polymorphism in elite Greek track and field athletes // *J. Sports Med. Phys. Fitness.* №49(4). P. 459-463.
- Muniesa C.A., González-Freire M., Santiago C., Lao J.I., Buxens A., Rubio J.C., Martín M.A., Arenas J., Gomez-Gallego F., Lucia A.* 2010. World-class performance in lightweight rowing: is it genetically influenced? A comparison with cyclists, runners and non-athletes// *Br. J. Sports Med.* № 44. P. 898-901.
- Ginevičienė V., Pranculis A., Jakaitienė A., Milašius K., Kučinskas V.* 2011. Genetic variation of the human ACE and ACTN3 genes and their association

- with functional muscle properties in Lithuanian elite athletes // *Medicina* №47. P. 284-290.
- Shahmoradi S., Ahmadalipou A., Salehi M.* 2015. Evaluation of ACE gene I/D polymorphism in Iranian elite athletes // *Adv. Biomed. Res.* № 3. P. 207-217.
- Ma F., Yang Y., Li X., Zhou F., Gao C., Li M., Gao L.* 2013. The Association of Sport Performance with ACE and ACTN3 Genetic Polymorphisms: A Systematic Review and Meta-Analysis // *PLoS One.* № 8(1). P. 123-129.
- Mägi A., Unt E., Prans Ele, Raus L.* 2016. The Association Analysis between ACE and ACTN3 Genes Polymorphisms and Endurance Capacity in Young Cross-Country Skiers: Longitudinal Study// *J. Sports Sci. Med.* № 15(2). P. 287-294.
- Grenda A., Leońska-Duniec A., Kaczmarczyk M., Ficek K., Król P., Cięszczyk P., Zmijewski P.* 2014. Interaction Between ACE I/D and ACTN3 R557X Polymorphisms in Polish Competitive Swimmers// *J. Hum. Genet.* № 10. P. 127-136.
- De Moor M.H., Spector T.D., Cherkas L.F., Falchi M., Hottenga J.J., Boomsma D.I., De Geus E.J.* 2007. Genome-wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs // *Res. Hum. Genet.* №10 (6). P. 812–820.
- Dhamrait S.S., Maubaret C., Bjergaard U., Brull D.J., Gohlke P., Payne J.R., World M., Thorsteinsson B., Humphries S.E., Montgomery H.E.* 2016. Mitochondrial uncoupling proteins regulate angiotensin converting enzyme expression: crosstalk between cellular and endocrine metabolic regulators suggested by RNA interference and genetic studies // *Inside. the Cell.* № 1. P. 70-81.
- Dhamrait S.S., Williams A.G., Day S.H., Skipworth J., Payne J.R., World M., Humphries S.E., Montgomery H.E.* 2012. Variation in the uncoupling protein 2 and 3 genes and human performance // *J. Appl. Physiol.* № 112(7). P. 1122-1127.
- Hamilton N.A.* 2013. Multi-Species Comparative Analysis of the Equine ACE Gene Identifies a Highly Conserved Potential Transcription Factor Binding Site in Intron 16. / N.A. Hamilton, H.W. Raadsma // *PLoS One.* № 8(2). P. 163-176.
- Yates C.J., Masuyer G., Schwager S.L.U., Aki M.* 2014. Molecular and Thermodynamic Mechanisms of the Chloride-dependent Human Angiotensin-I-converting Enzyme (ACE)// *J. Bio. Chem.* № 289. P. 1798-1814.
- Paul M., Poyan Mehr.A., Kreuz R.* 2006. Physiology of local renin-angiotensin systems// *Physiol. Rev.* № 86. P. 747-803.
- Abadir P.M., Foster D.B., Crow M., Cooke C.A., Rucker J.J., Jain A., Smith B.J., Burks T.N., Cohn R.D., Fedarko N.S., Carey R.M., O'Rourke B., Walston J.D.* 2011. Identification and characterization of a functional mitochondrial angiotensin system// *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* № 108. P. 14849-14854.
- Watermeyer J.M., Kroger W.L., Sturrock E.D., Ehlers M.R.* 2009. Angiotensin-converting enzyme–New insights into structure, biological significance and prospects for domain-selective inhibitors// *Curr. Enzyme Inhib.* № 5. P. 134-147.
- Cominetti C., Horst M.A., Roger M.M.* 2017. Brazilian Society for Food and Nutrition position statement: nutrigenetic tests // *Nutrire.* № 42. P. 65-78.

- Warzak D.A., Johnson S.A., Ellersieck M.R., Roberts R.M., Zhang X., Ho S.M., Rosenfeld C.S.* 2015. Effects of post-weaning diet on metabolic parameters and DNA methylation status of the cryptic promoter in the A(vy) allele of viable yellow mice// *J. Nutr. Biochem.* № 26. P. 667-674.
- Sharp N.C.* 2010. The human genome and sport, including epigenetics, gene doping, and athleticogenomics // *Endocrinol. Metab. Clin. North. Am.* №39. P. 201-215.
- Raleigh S.M.* 2012. Epigenetic regulation of the ACE gene might be more relevant to endurance physiology than the I/D polymorphism // *J. Appl. Physio.* № 112(6). P. 1082-1083.
- Rivière G., Lienhard D., Andrieu T., Vieau D., Frey B.M., Frey F.J.* 2011. Epigenetic regulation of somatic angiotensin-converting enzyme by DNA methylation and histone acetylation // *Epigenetics.* № 6. P. 478-489.
- Zill P., Baghai T.C., Schüle C., Born C., Früstück C., Büttner A., Eisenmenger W., Varallo-Bedarida G., Rupprecht R., Möller H.J., Bondy B.* 2012. DNA Methylation Analysis of the Angiotensin Converting Enzyme (ACE) Gene in Major Depression// *PLoS One.* № 7(7). P. 87-96.
- Barry J.* 2015. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 3: Hypertrophic Cardiomyopathy, Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy and Other Cardiomyopathies, and Myocarditis A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology // *Circulation.* № 132. P. 129-138.
- Gallou-Kabani C., Junien C., Vigé A.* 2007. Nutri-epigenomics: lifelong remodelling of our epigenomes by nutritional and metabolic factors and beyond// *Clin. Chem. Lab. Med.* № 45(3). P. 321-327.
- Longo V.D., Fontana L.* 2010. Calorie restriction and cancer prevention: metabolic and molecular mechanisms // *Trends. Pharmacol. Sci.* № 31(2). P. 89-98.
- Longo V.D., Fontana L., Adelaiye R.M., Rastelli A.L., Miles K.M., Ciampornero E., Nguyen H., Vessella R., Pili R.* 2013. Dietary protein restriction inhibits tumor growth in human xenograft models// *Oncotarget.* № 4(12). P. 2451-2461.
- Zhang N.* 2015. Epigenetic modulation of DNA methylation by nutrition and its mechanisms in animals // *Animal Nutrition.* № 51(3). P. 144-151.
- Zheng J., Xiao X., Zhang Q., Yu M., Xu J., Wang Z., Qi C., Wang T.* 2015. Maternal and post-weaning high-fat, high-sucrose diet modulates glucose homeostasis and hypothalamic pomc promoter methylation in mouse offspring// *Metab. Brain. Dis.* № 30. P. 1129-1137.
- Melnik B.C.* Linking diet to acne metabolomics, inflammation, and comedogenesis: an update // *Clin. Cosmet Investig. Dermatol.* 2015. № 8. P. 371-388.
- Fujiki T., Shimokawa H., Morikawa K., Kubota H., Hatanaka M., Talukder M.A., Matoba T., Takeshita A., Sunagawa K.* 2005. Endothelium-derived hydrogen peroxide accounts for the enhancing effect of an angiotensin-converting enzyme inhibitor on endothelium-derived hyperpolarizing factor-mediated responses in mice // *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* № 25(4). P. 766-771.

- Firouzabadi N., Tajik N., Bahramali E., Bakhshandeh H., Ebrahimi S.A., Maadani M., Rasoulian M., Mobasheri T., Shafiei M.* 2012. Association of angiotensin-converting enzyme polymorphism with coronary artery disease in Iranian patients with unipolar depression // *Clin. Biochem.* № 45(16). P. 1347-1352.
- Moradzadegan A., Vaisi-Raygani A., Nikzamir A.* 2015. Angiotensin converting enzyme insertion/deletion (I/D) (rs4646994) and Vegf polymorphism (+405G/C; rs2010963) in type II diabetic patients: Association with the risk of coronary artery disease // *J. Renin Angiotensin Aldosterone Syst.* №16 (3). P. 672-680.

THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE EXPRESSION OF GENES ASSOCIATED WITH MOTOR QUALITIES IN SPORTS SELECTION, USING THE EXAMPLE OF THE ANGIOTENSIN-CONVERTING ENZYME (ACE)

D.V. Muzhenya¹, S.S. Grechishkin¹, I.N. Kalinina²

¹Maykop Technological University, Maykop

²Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar

The current direction of research in the sport of higher achievements is the search for informative genetic polymorphisms associated with the motor qualities of athletes. Despite certain results in this direction, it is not yet possible to establish a spectrum of universal markers of an athlete's "success". The purpose of this review is to conduct an analysis of published sources of practical achievements and theoretical assumptions in the field of sports genetics concerning the possible influence of various factors on the expression of genes associated with motor activity (using the example of Ins/Del polymorphism ACE gene). The article is based on modern molecular genetic research over the past twenty-five years, presented in international databases on the Internet.

Keywords: *sport, selection of athletes, genetics, ACE gene, gene expression, intergenic interaction, nutrition, methylation.*

Об авторах:

МУЖЕНЯ Дмитрий Витальевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и общей патологии медицинского института, ФБГОУ ВО «Майкопский технологический университет», 385000, Майкоп, ул. Первомайская, 191; e-mail: dmuzhenya@mail.ru.

ГРЕЧИШКИНА Светлана Станиславовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии медицинского института, ФБГОУ ВО «Майкопский технологический университет», 385000, Майкоп, ул. Первомайская, 191; e-mail: s4209691@yandex.ru.

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

Муженя Д.В. Влияние различных факторов на экспрессию генов, ассоциированных с двигательными качествами при спортивном отборе, на примере гена ангиотензин-превращающего фермента (АСЕ) / Д.В. Муженя, С.С. Гречишкина, И.Н. Калинина // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 7-21.

УДК 577.3.0
DOI: 10.26456/vtbio249

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ПРИ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА (НА ПРИМЕРЕ ЖИТЕЛЕЙ Г. РЖЕВ)

А.А. Красова, А.Н. Панкрушина

Тверской государственной университет, Тверь

У обследованных пациентов с ИБС обнаружены отклонения от референсных значений таких показателей крови, как холестерин, ЛПНП, ЛПВП, триглицериды, глюкоза. Превышение по ряду показателей крови чаще наблюдается у пациентов мужского пола, нежели у женщин, что подтверждает большую подверженность мужчин риску развития ССЗ. Выявлено наличие избыточной массы тела у обследованных пациентов обоих полов во всех возрастных группах.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, клинический анализ крови, биохимический анализ крови.

Введение. Ишемическая болезнь сердца (ИБС) – острое или хроническое поражение миокарда, обусловленное уменьшением или прекращением доставки кислорода к сердечной мышце, возникающее в результате патологических процессов в системе коронарных артерий (Маколкин, Овчаренко, 2005). Развитию болезни способствуют как внутренние, так и внешние факторы, получившие название факторов риска. К числу основных факторов риска ИБС относят: повышенное артериальное давление (гипертоническую болезнь), повышенное содержание липидов (холестерина, триглицеридов и т. д.) и нарушение соотношения между ними (дислипотемию), курение, избыточную массу тела, малоподвижный образ жизни (гиподинамию), нарушение углеводного обмена (сахарный диабет), наличие психоэмоциональных стрессов и ряд индивидуальных особенностей поведения (Панкрушина, Макарова и др., 2007).

Сердечно-сосудистые заболевания из-за широкой распространённости и неприятных последствий для здоровья остаются одной из самых главных медико-социальных проблем для всех экономически развитых стран, в том числе и для России. Судьба больных ИБС большей частью зависит от проводимого амбулаторного лечения, от качества и своевременной диагностики тех клинических форм болезни, которые требуют оказания больному неотложной помощи или срочной госпитализации.

Целью данной работы было изучение показателей клинического и биохимического анализа крови при ишемической болезни сердца на примере жителей г. Ржев.

Методика. Сбор материала для исследования проводился на базе ГБУЗ Ржевской ЦРБ Тверской области в период с июля по октябрь 2021 г. Для работы были собраны и обработаны результаты биохимического и клинического анализа крови 72 пациентов в кардиологическом отделении диспансера Ржевской ЦРБ. Все данные обезличены. В ходе работы исследованы показатели крови, необходимые для диагностики ИБС: липидный спектр, уровни аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), глюкозы, гемоглобина, количество эритроцитов, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), количество лейкоцитов, количество тромбоцитов.

Забор крови осуществлялся из четвёртого пальца левой руки. Общий клинический анализ крови позволяет оценить содержание гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, также даёт возможность рассмотреть скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Измерение анализируемых показателей крови проводилось с помощью медицинского гематологического анализатора Swelab Alfa Standard. Биохимический анализ венозной крови на содержание холестерина, ЛПНП, ЛПВП, ТГ, АСТ, АЛТ, глюкозы, осуществляли с использованием биохимического анализатора RANDOX Rx Imola. Для статистической обработки результатов определяли среднюю арифметическую величину значения (\bar{X}) в каждой группе, ее стандартную ошибку ($\pm m$) с помощью программы Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и обсуждение. Исследовано 72 пациента с высоким риском ИБС в возрасте старше 50 лет. Возрастные группы были выбраны на основании шкалы SCORE, с помощью которой можно оценить риск смертности человека от сердечно сосудистых заболеваний. Шкала SCORE, рекомендуемая для оценки 10-летнего риска фатальных ССЗ, может помочь в принятии правильных терапевтических решений и избежать, как недостаточного, так и избыточного лечения (Мухин и др., 2010; Европейское общество кардиологов, 2017).

В исследованной выборке (72 взрослых участника) количество пациентов с ИБС мужского пола преобладает над женским (60 % и 40 % соответственно), что совпадает с литературными данными о большей подверженности этому заболеванию мужчин, чем женщин (Маколкин, Овчаренко, 2005).

Показатели биохимического анализа крови у большинства больных превышают нормальные значения (табл. 1), что свидетельствует о наличии заболевания ССС.

Таблица 1
Показатели биохимического анализа крови у пациентов разных возрастных групп (n=72)

Возрастная группа	ИМТ, кг/м ² (18,50 – 24,99)	Показатели						
		Холестерин, ммоль/л (0,1–6,2)	ЛПНП, ммоль/л (0,1–3,3)	ЛПВП, ммоль/л (0,9–1,6)	ТГ, ммоль/л (0,1–2,3)	АСТ, ед/л (5–40)	АЛТ, ед/л (5–41)	Глюкоза, ммоль/л (4,6–6,4)
51–55	27,4 ±1,579	6,2 ±0,133	3,9 ±0,179	1,0 ±0,071	1,8 ±0,105	28,7 ±2,746	32,4 ±3,323	6,2 ±0,306
56–60	25,8 ±0,712	6,7 ±0,220	4,7 ±0,209	1,1 ±0,078	2,3 ±0,141	54,0 ±4,297	39,8 ±3,118	7,7 ±0,477
61–65	28,6 ±1,336	7,1 ±0,189	4,6 ±0,168	0,8 ±0,041	2,0 ±0,167	28,2 ±3,778	30,7 ±1,305	7,0 ±0,628
65+	28,9 ±0,579	7,6 ±0,205	4,8 ±0,216	0,9 ±0,038	2,7 ±0,139	37,1 ±4,286	29,2 ±2,816	7,2 ±0,289

К основным причинам атеросклеротических заболеваний относятся гиперхолестеринемия и изменения липидного спектра крови (рис. 1).

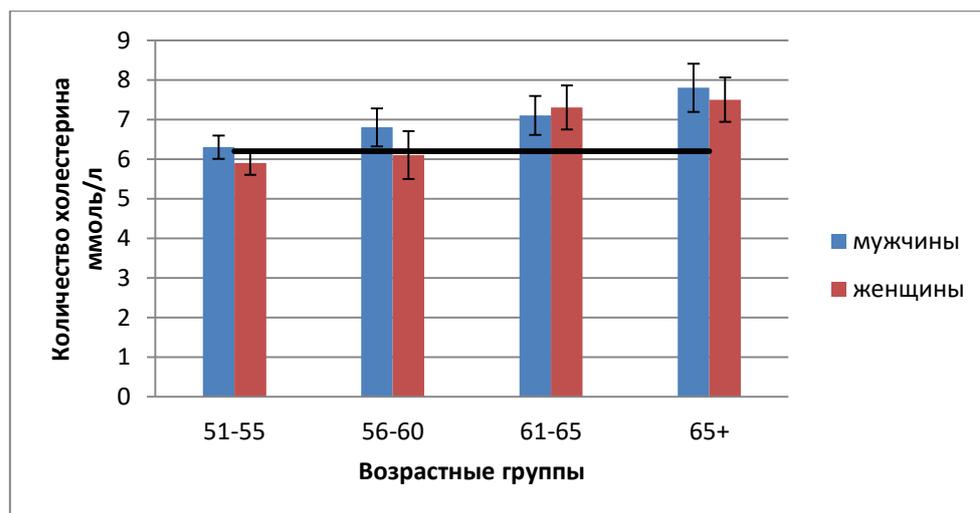


Рис. 1. Количество холестерина в крови у пациентов выбранных возрастных групп: сплошная – норма; нижняя граница нормы не указана

Как следует из представленных результатов, количество холестерина в крови у лиц мужского и женского пола превышает диапазон нормальных значений во всех возрастных группах, за исключением женщин в возрасте 51–55, у возрастной группы 56–60 показатель находится на верхней границе нормы.

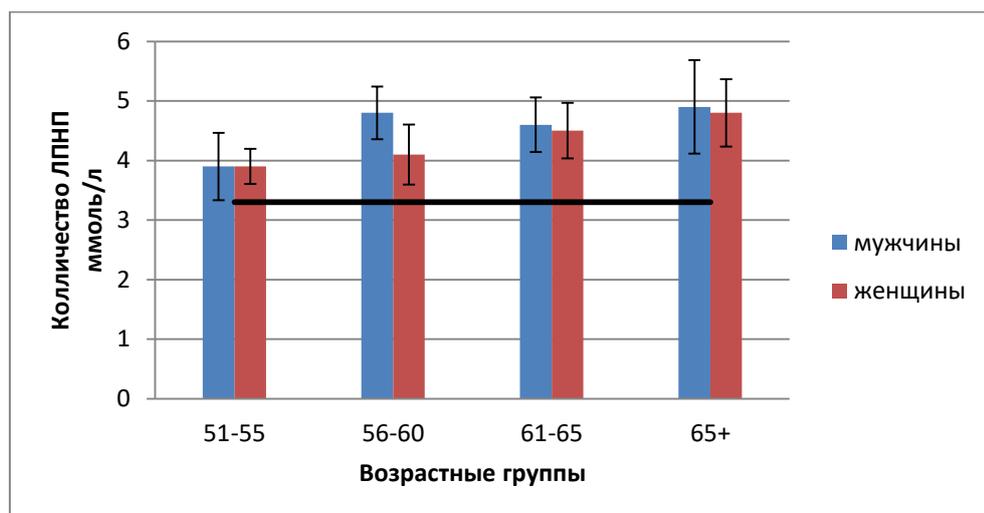


Рис. 2. Содержание ЛПП у пациентов выбранных возрастных групп: сплошная – норма; нижняя граница нормы не указана

У мужчин и женщин всех возрастных групп показатель ЛПП превышал диапазон нормальных значений (рис. 2).

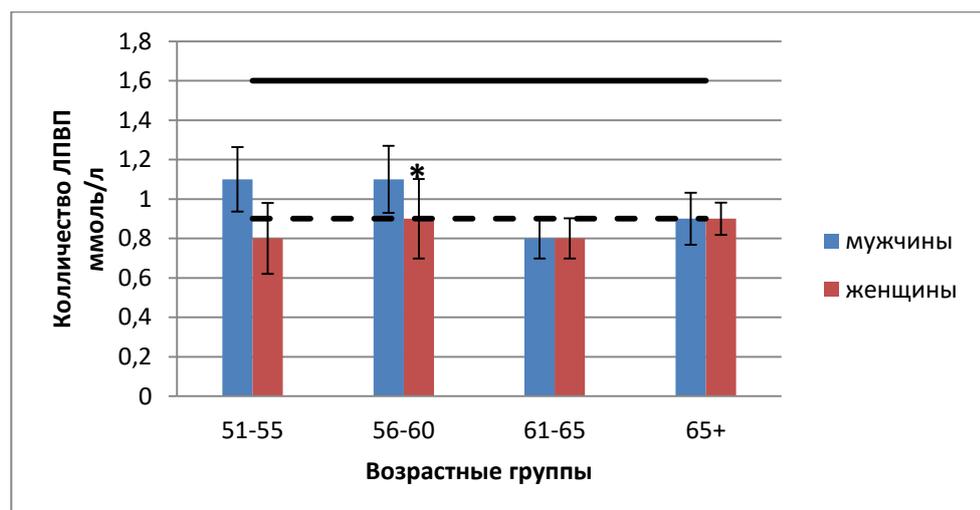


Рис. 3. Содержание ЛПВП у пациентов выбранных возрастных групп: сплошная – верхняя граница нормы; пунктирная – нижняя граница нормы

У пациентов мужского пола возрастной группы 61–65 и у женщин 51–55 и 61–65 показатель ЛПВП находился ниже нормы. У лиц женского пола в возрасте 56–60 и 65+, у мужчин 65+ показатель находился на верхней границе нормы (рис. 3).

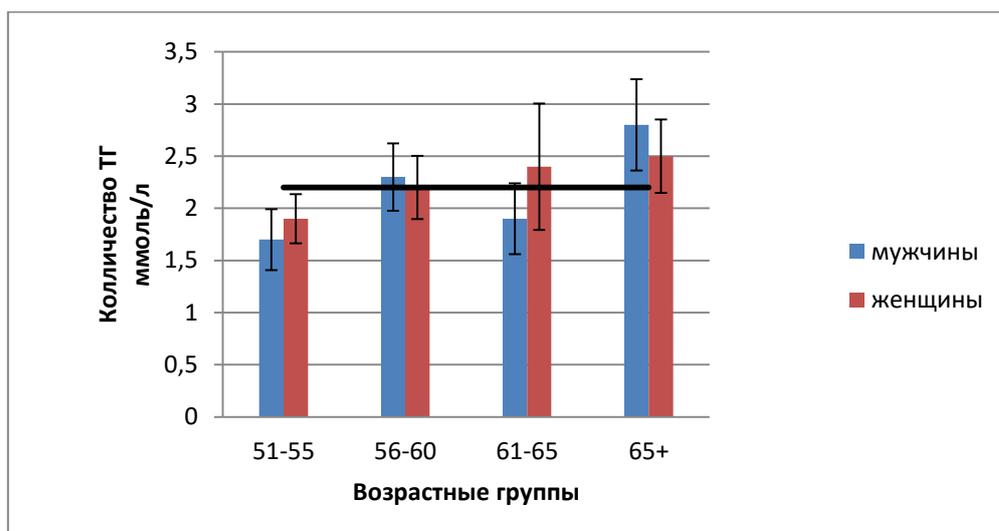


Рис. 4. Количество триглицеридов в крови:
сплошная – верхняя граница нормы; нижняя граница нормы не указана

Показатель триглицеридов превышал нормальные значения у мужчин в возрасте 56–60 и 65+, и у женского пола в возрасте 61–65 и 65+. У пациентов женского пола возрастной группы 56–60 показатель находился на верхней границе нормы, у остальных – был в пределах диапазона нормальных значений (рис. 4).

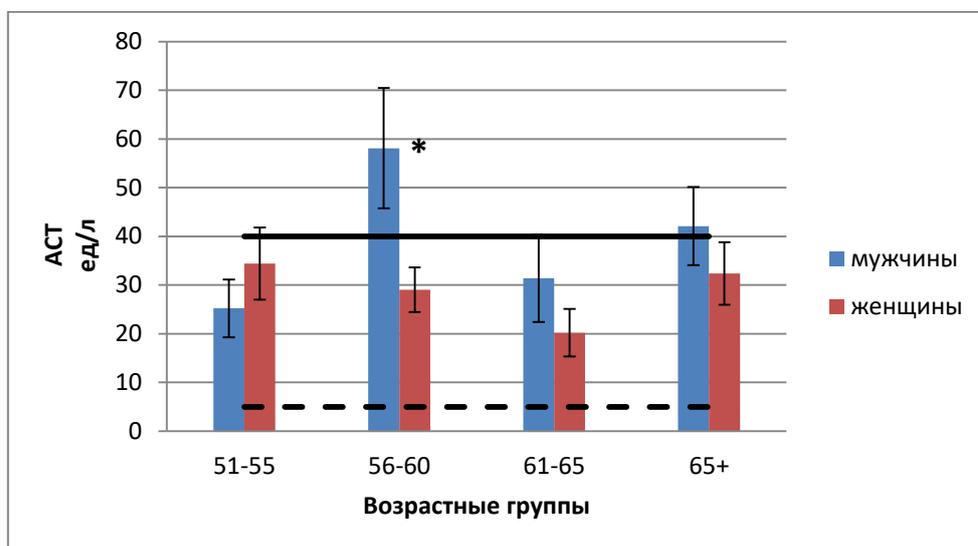


Рис. 5. Значения АСТ в крови:
сплошная – верхняя граница нормы; пунктирная – нижняя граница нормы

Показатель АСТ был превышен у пациентов мужского пола в возрасте 56–60, незначительное отклонение у лиц 65+, у остальных –

был в пределах диапазона нормальных значений (рис. 5).

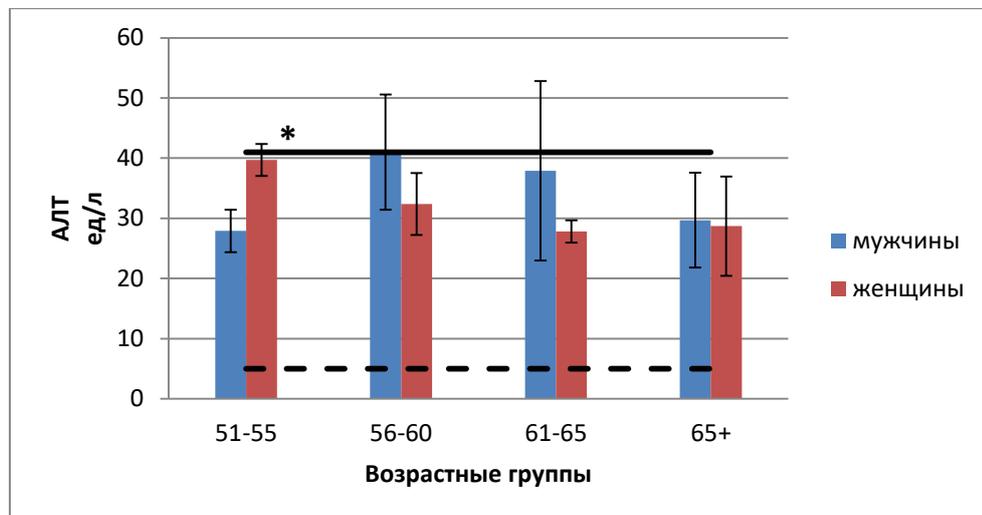


Рис. 6. Значения АЛТ в крови:
сплошная – верхняя граница нормы; пунктирная – нижняя граница нормы

Из результатов, представленных на рисунке 6 видно, что показатель АЛТ находился на верхней границе нормы у мужчин возрастной группы 56–60, у остальных – был в пределах нормальных значений.

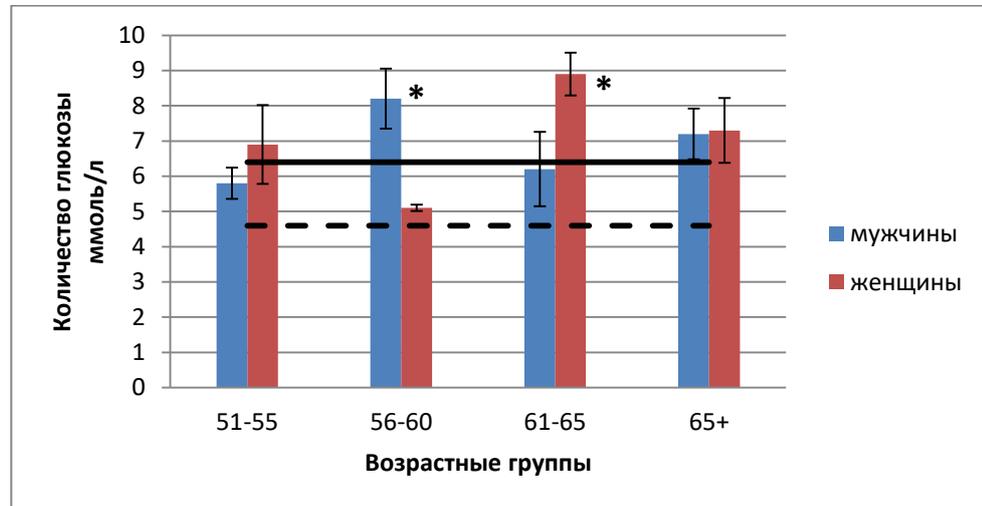


Рис. 7. Количество глюкозы в крови:
сплошная – верхняя граница нормы; пунктирная – нижняя граница нормы

При исследовании количества глюкозы в крови было выявлено превышение границы нормальных значений у пациентов мужского

пола возрастных категорий 56–60 и 65+, у женщин возрастных категорий 51–55, 61–65 и 65+, у остальных показатель находился в норме (рис. 7).

Показатели клинического анализа крови находятся в диапазоне нормальных значений, либо их превышение незначительно (табл. 2).

Таблица 2

Показатели клинического анализа крови у пациентов разных возрастных групп (n=72)

Возрастная группа	ИМТ, кг/м ² (18,50 – 24,99)	Показатели				
		Гемоглобин, г/л (132–169)	Эритроциты, ×10 ¹² /л (4,18–5,48)	Лейкоциты, ×10 ⁹ /л (3,91–8,77)	Тромбоциты, ×10 ⁹ /л (151–304)	СОЭ, мм/ч (2–20)
51–55	27,4 ±1,579	143,4 ±5,529	4,6 ±0,112	8,8 ±0,717	292,8 ±6,554	9,6 ±0,538
56–60	25,8 ±0,712	147,3 ±3,564	4,6 ±0,088	8,3 ±0,705	267,4 ±13,256	16,9 ±1,810
61–65	28,6 ±1,357	140,9 ±4,186	5,2 ±0,431	7,7 ±0,817	253,14 ±13,144	17,1 ±2,146
65+	28,9 ±0,579	143,0 ±2,360	4,8 ±0,238	8,5 ±0,380	305,7 ±11,688	18,3 ±1,151

Избыточная масса тела является очень распространённой среди пациентов разных возрастных групп (Панкрушина, Караева и др., 2005). В каждой из представленных в нашем исследовании возрастной группе у больных наблюдалась стадия предожирения (ИМТ от 25 до 30), (рис. 8).

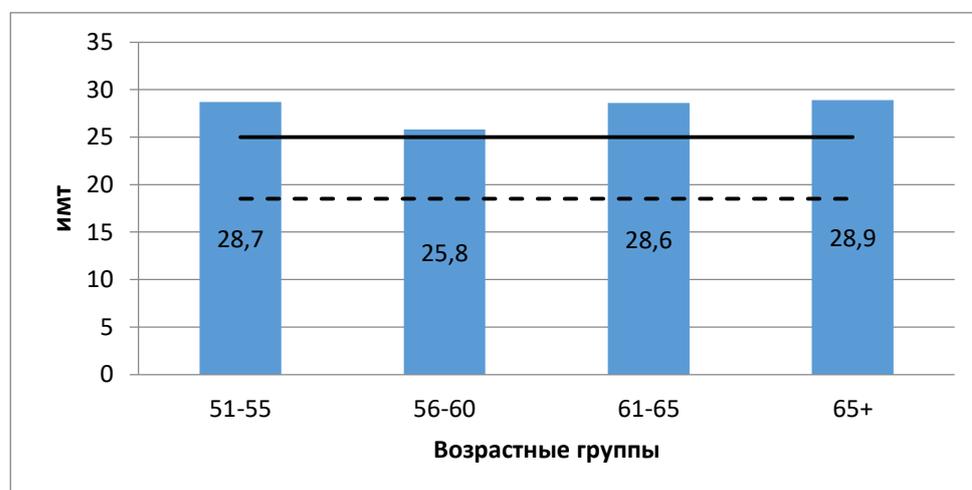


Рис. 8. Соотношение степени выраженности ожирения у пациентов по возрастным группам:

сплошная – верхняя граница нормы; пунктирная – нижняя граница нормы

Лишний вес нарушает нормальное функционирование организма, в том числе оказывает влияние на сердечно-сосудистую систему. Кроме того, у большинства лиц диагностирован сахарный диабет. Люди с сахарным диабетом нередко склонны к риску возникновения инфарктов, высокого артериального давления, так как из-за содержания сахара в крови выше нормы страдают кровеносные сосуды. Они теряют свою проницаемость и становятся менее гибкими, следовательно, нарушается работа сердечно-сосудистой системы. Пациенты, страдающие лишним весом и высоким уровнем глюкозы в крови, высоким уровнем холестерина, склонны к возникновению ССЗ больше, чем пациенты, у кого эти показатели находятся в пределах нормы.

Заключение. У обследованных пациентов с ИБС обнаружены отклонения от нормальных значений таких показателей крови, как холестерин, ЛПНП, ЛПВП и триглицериды, что приводит к расстройству коронарного кровообращения. Практически у всех пациентов отмечается повышение содержания глюкозы в крови, что может быть причиной возникновения ССЗ. Как правило, в общем анализе крови не наблюдается сильных отклонений от нормы, поэтому на его основе выставить диагноз нельзя. У некоторых больных отмечалось незначительное превышение количества лейкоцитов, что может свидетельствовать о неблагоприятном прогнозе ССЗ. Большому риску возникновения ИБС подвержены люди старше 50 лет. Превышение по ряду показателей крови чаще наблюдается у пациентов мужского пола, нежели у женщин, что подтверждает известные из литературы, данные о большей подверженности мужчин риску развития ССЗ. Наличие избыточной массы тела, повышающее риск возникновения и развития ССЗ за счёт увеличения нагрузки на сердечно-сосудистую систему, широко распространено среди обследованных пациентов обоих полов во всех возрастных группах.

Список литературы

- Европейское общество кардиологов.* 2017. Европейские рекомендации по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в клинической практике (пересмотр 2016) // Российский кардиологический журнал. № 6 (146). С. 7-85.
- Маколкин В.И., Овчаренко С.И.* 2005. Внутренние болезни: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина. 592 с.
- Мухин Н.А., Моисеев В.С., Мартынов А.И.* 2010. Внутренние болезни в 2-х томах: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа. 1264 с.
- Панкрузина А.Н., Макарова И.И., Козырева Л.В., Соловьева А.В.* 2007. Изучение обмена липидов у страдающих ишемической болезнью сердца

лиц пожилой возрастной группы с различной степенью ожирения в тверском регионе // Экология человека. № 5. С. 18-22.
Панкрушина А.Н., Караева Е.В., Козырева Л.А. 2005. К вопросу о взаимосвязи ожирения и дислипидемии у больных ишемической болезнью сердца геронтологического возраста // Вестник Тверского государственного университета. Сер. Биология и экология. № 1. С. 69-73.

A STUDY ON SOME BLOOD PARAMETERS IN CORONARY ARTERY DISEASE (ON THE EXAMPLE OF RZHEV RESIDENTS)

A.A. Krasova, A.N. Pankrushina

Tver State University, Tver

In the examined patients with coronary artery disease, deviations from the reference values of such blood parameters as cholesterol, LDL, HDL, triglycerides, glucose were found. Excess in a number of blood parameters is more often observed in male patients, which confirms the greater susceptibility of men to the risk of developing CVD. The presence of overweight in the examined patients of both sexes in all age groups was revealed.

Keywords: *coronary artery disease, atherosclerosis, clinical blood analysis, biochemical blood analysis.*

Об авторах:

КРАСОВА Анастасия Александровна – бакалавр биологического факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственной академии», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: aakrasova@edu.tversu.ru.

ПАНКРУШИНА Алла Николаевна – д.б.н., профессор кафедры зоологии и физиологии биологического факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственной академии», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: Pankrushina.AN@tversu.ru.

Красова А.А. Исследование некоторых показателей крови при ишемической болезни сердца (на примере жителей г. Ржев) / А.В. Красова, А.Н. Панкрушина // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 22-30.

УДК 796(06)

DOI: 10.26456/vtbio250

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ СБОРОВ ФУТБОЛИСТОВ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОМАНДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

О.О. Копкарева, Н.В. Мамедов

Тверской государственной университет, Тверь

Рассматривается возможность применения показателей физической работоспособности как инструмента оценки эффективности предсоревновательных сборов. В ходе исследования выявлено, что по окончании предсоревновательных сборов футболисты повысили уровень физической работоспособности. Средние значения показателя PWC_{170} улучшились на 5,0%, а показателя МПК на 3.5%. Анализ показателей физической работоспособности в группах игроков разного амплуа по итогам сборов выявил, что показатель PWC_{170} у полузащитников и нападающих несколько выше, чем у вратарей и защитников. Аналогичная структура выявлена и для показателя максимального потребления кислорода.

***Ключевые слова:** подготовка футболистов студенческих команд, физическая работоспособность футболистов, эффективность подготовки.*

Введение. Как известно, футбол занимает одно из ведущих мест на пространстве студенческого спорта. Действительно, доступность этой игры, высокая эмоциональность, необходимость проявления различных личных качеств определяют высокую популярность футбола в студенческой среде. Проведение многочисленных турниров различного статуса среди студенческих футбольных команд обуславливает и серьезное отношение к подготовке студенческих футбольных команд (Дзюба, 2011; Аристов, 2018).

Однако студенческие команды, по сравнению с профессиональными футбольными клубами, не обладают такими же ресурсными возможностями, что в конечном итоге влияет на качество подготовки футболистов. Несмотря на общие принципы организации тренировочного процесса, подготовка студенческих футбольных команд ограничена определенными объективными факторами. В частности: а) фактически отсутствует возможность проведения двухразовых ежедневных тренировок, б) «короткая скамейка» запасных игроков, что не позволяет тренеру выставить оптимальный состав на игру в случае, например, дисквалификации, травм или

заболеваний игроков, в) отсутствие полноценного контроля уровня подготовленности футболистов (Лисенчук, 2003; Дзюба, 2011).

Первые два фактора являются системными и определяют особенности подготовки студенческих футбольных команд в целом. Что касается контроля и оценки уровня подготовленности футболистов студенческих команд, то использование соответствующих инструментов представляется возможным в достаточно широком спектре. Прежде всего, это касается оценки физической и технической подготовленности футболистов, для чего используются общепринятые тесты (Романенко и др., 1988; Лисенчук, 2003; Дзюба и др., 2020).

С оценкой же функционального состояния футболистов студенческих команд есть определенные трудности. Понятно, что использование функциональной диагностики в полном объеме характерно только для команд высшей лиги, которые имеют возможность содержать соответствующие группы специалистов. У студенческих команд такая возможность практически отсутствует, но потребность в оценке функционального состояния и физической работоспособности на разных этапах подготовки футболистов - остается. Это обусловлено тем, что оценка функциональной готовности футболистов необходима для объективизации и обоснования режима тренировочных нагрузок, организации эффективного контроля уровня подготовленности, как отдельного футболиста, так и команды в целом к соревновательному сезону (Шамардин и др., 2000).

Таким образом, необходимость мониторинга функционального состояния при выполнении задач тренировочного процесса, оставляет актуальной проблему использования сравнительно простых и надежных инструментов контроля подготовленности футболистов студенческих команд.

Частным вариантом решения этой проблемы является применение показателя физической работоспособности для оценки эффективности подготовки футболистов студенческой команды в разных периодах годового тренировочного цикла.

Методика. В исследовании приняли участие 20 футболистов студенческой сборной ТвГУ, включая 2-х вратарей, 6 защитников, 6 полузащитников, 6 нападающих. Возраст футболистов – 19-21 год, с квалификацией 1-й и 2-й разряды. Исследование проводилось в предсоревновательный период на 3-х недельных тренировочных сборах. Содержание тренировочной работы осуществлялось в соответствии с общепринятыми рекомендациями (Романенко и др., 1988; Губа, Лексаков, 2020).

Само исследование состояло из двух этапов. Первое обследование осуществляли перед началом предсоревновательных сборов (по завершении подготовительного периода), второе обследование проводили по завершении сборов. Обследование футболистов проводили в лабораторных условиях. В ходе первичного и итогового обследований, исследуемые показатели у футболистов регистрировали при помощи аппаратно-программного комплекса «Метабограф VO2000-System». Физическая работоспособность у футболистов определялась посредством пробы PWC_{170} , значения которой рассчитывали по формуле В.Л. Карпмана. Физическая нагрузка выполнялась на велоэргометре, входящим в аппаратно-программный комплекс, позволяющим также регистрировать и частоту сердечных сокращений. В ходе лабораторного обследования параметры выполняемых физических нагрузок были следующими. Первая нагрузка составляла – 80 Вт (480 кгм/мин) с темпом педалирования 100 об/мин, вторая – 125 Вт (750 кгм/мин) с темпом педалирования 100 об/мин. Продолжительность выполнения каждой из нагрузок составляла 3 минуты, с 3-минутным интервалом отдыха между ними. Оценка физической работоспособности осуществлялась по общепринятым критериям. Показатель максимального потребления кислорода рассчитывали по формуле: $МПК=1,7*PWC_{170} +1240$ (Макарова, 2002).

Результаты и обсуждение. Для выполнения задач исследования, была осуществлена оценка физической работоспособности футболистов в процессе их подготовки к основным соревнованиям сезона. С одной стороны, это позволило бы выявить характер динамики исследуемых показателей, с другой, дало бы возможность осуществить своевременную коррекцию тренировочного процесса в целях повышения эффективности подготовки, как команды в целом, так и отдельных игроков.

Данные, полученные в ходе исследования, представлены в таблице 1. Анализ данных показывает, что в предшествующий подготовительный период футболисты вышли на достаточно хороший уровень функциональной готовности, что позволило решать задачи следующего – предсоревновательного периода подготовки. Об этом свидетельствуют показатели физической работоспособности, зафиксированные при первичном обследовании и оцениваемые, как «средняя» или «выше средней» (рис.1). Высокие значения (на уровне «среднее»-«выше среднего») были зафиксированы при первичном обследовании и для показателя максимального потребления кислорода (табл. 1).

По окончании предсоревновательных сборов все футболисты повысили уровень физической работоспособности. На это указывает

динамика средних значений показателей PWC170 и МПК (табл.1). Показатель PWC170 улучшился на 5,0%, а показатель МПК на 3.5%. На первый взгляд, динамика улучшения у футболистов показателей физической работоспособности не выглядит существенной. Тем не менее, с учетом результатов подготовительного периода, результаты итогового обследования свидетельствуют об определенной эффективности проведенных трехнедельных предсоревновательных сборов. Касательно статистически незначимого характера различий показателей физической работоспособности на начало и окончание предсоревновательного периода подготовки, то он обусловлен особенностями содержания тренировок в предсоревновательный период. В этот период резко сокращаются нагрузки, направленные на развитие общей выносливости, но повышаются нагрузки скоростно-силовой и специальной технической подготовки, в тренировочный процесс вводятся двусторонние и контрольные игры (Губа В.П., Лексаков А.В., 2020).

Таблица 1
Средние значения показателей физической работоспособности футболистов на начало и окончание предсоревновательных сборов (ПС) ($X \pm \sigma$)

	PWC170 Кгм/мин	МПК Мл/мин
Начало ПС	1693,3±122,3	4118,6±208,0
Окончание ПС	1770,6±108,7	4263,2±178,2
P	>0,05	>0,05

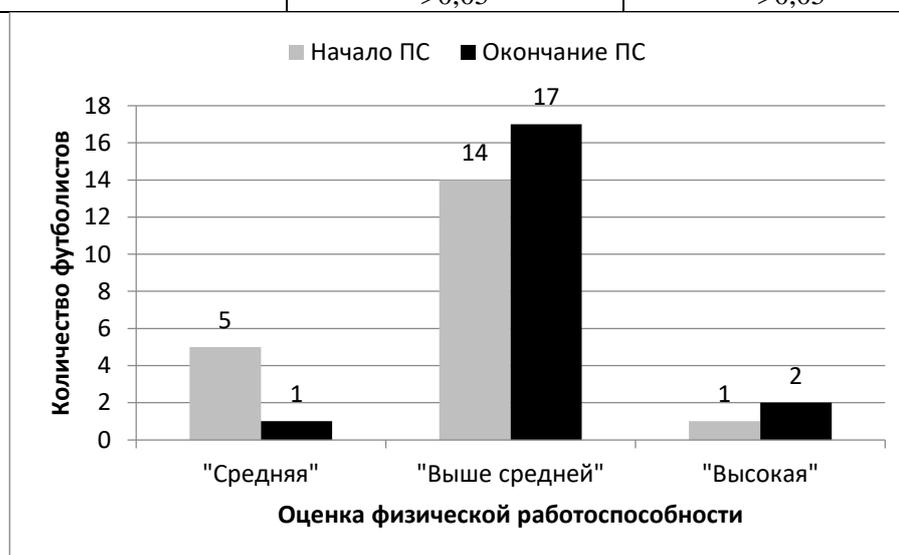


Рис. 1. Количественная динамика оценки физической работоспособности футболистов по показателям PWC170 на начало и окончание предсоревновательных сборов (ПС)

Таким образом, приведенные данные по динамике средне групповых показателей физической работоспособности футболистов, хотя и отражают позитивный эффект за период тренировочных сборов, но не являются достаточными для более объективной оценки. В связи с этим была проведена оценка динамики показателей физической работоспособности у футболистов разного амплуа.

Анализ физической работоспособности у игроков разного амплуа на начало предсоревновательного периода показывает, что показатель PWC_{170} у полузащитников и нападающих несколько выше, чем у вратарей и защитников (рис. 2). Аналогичная картина складывается и для показателя максимального потребления кислорода (рис. 3).

По итогам предсоревновательных сборов футболисты всех игровых амплуа улучшили показатели физической работоспособности (рис. 2, 3). При этом структура физической работоспособности по игровым амплуа сохранилась – более высокие показатели выявлены в группах полузащитников и нападающих (рис. 2, 3). Однако прирост по группам футболистов отличался. По показателю PWC_{170} прирост составил: у вратарей – 5,2%, у защитников – 6,3%, у полузащитников – 4,9%, у нападающих – 3,3%. По показателю максимального потребления кислорода: у вратарей – 3,6%, у защитников – 4,4%, у полузащитников – 3,4%, у нападающих – 2,3%.

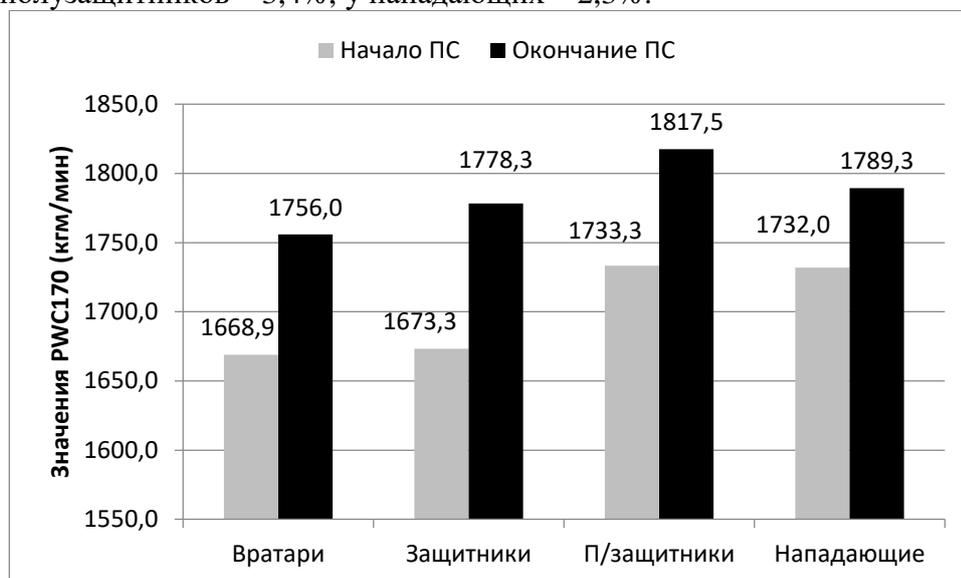


Рис. 2. Динамика показателей PWC_{170} у футболистов разного амплуа на начало и окончание предсоревновательных сборов (ПС)

Выявленные различия в динамике показателей физической работоспособности, объясняются особенностями тренировочных задач и

игровой деятельности игроков различного амплуа. Специалистами отмечается, что действия вратарей сопряжены главным образом с двигательными действиями «взрывного» характера. Для защитников и нападающих тренировочная и соревновательная практика отражает выполнение двигательных действий в анаэробной алактатной зоне производительности. Для полузащитников тренировочная и соревновательная деятельность требует проявления более высокого уровня выносливости, чем от игроков других амплуа, в связи с чем, энергетические возможности полузащитников сдвигаются в сторону аэробной производительности (Шамардин и др., 2000).

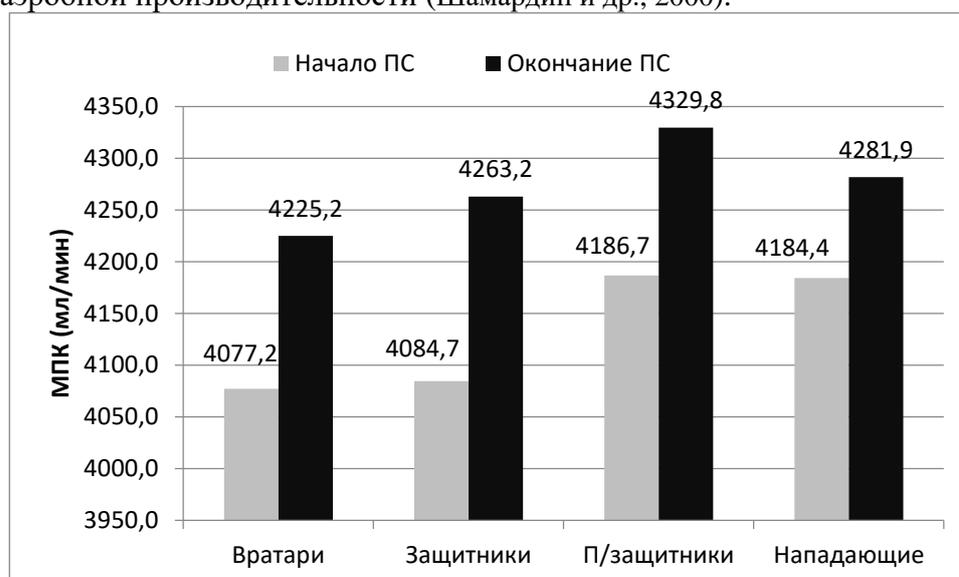


Рис. 3. Динамика показателей максимального потребления кислорода (МПК) у футболистов разного амплуа на начало и окончание предсоревновательных сборов (ПС)

Полученные данные подтверждают, что футболисты разных игровых амплуа, выполняющих различную, специфическую работу, имеют разную структуру физической подготовленности и различный уровень развития ее основных компонентов в тренировочном процессе.

Заключение. Проведенное исследование позволяет констатировать, что проведенные предсоревновательные сборы, достигли запланированных целей и позволили повысить уровень подготовленности футболистов студенческой команды. Повышение уровня подготовленности футболистов подтверждается оценкой физической работоспособности, как игроков всей команды, так и по группам футболистов разного игрового амплуа. Применение

показателей физической работоспособности в целях оценки эффективности тренировочных сборов является объективным.

Список литературы

- Аристов Л.С.* 2018. Массовый студенческий спорт в современной России: взаимодействие социальных факторов: автореф. дис. ... канд. социол. наук, Екатеринбург. 26 с.
- Губа В.П., Лексаков А.В.* 2020. Теория и методика футбола. М.: Спорт. 624 с.
- Дзюба, И.П.* 2011. Футбол как базовое средство физического воспитания студентов // Омск: Омский научный вестник. С. 156-158.
- Лисенчук Г.А.* 2003. Управление подготовкой футболистов. Киев: Олимпийская литература. 260 с.
- Макарова Г.А.* 2002. Практическое руководство для врачей. Ростов-на Дону: Изд.-во «БАРОПРЕСС». 800 с.
- Романенко, А.Н., Джус, О.Н., Догадин, М.Е.* 1988. Книга тренера по футболу. Киев: Здоров'я. 256 с.
- Шамардин А.И., Солопов И.Н., Новошенин И.Н., Герасименко А.П.* 2000. Физическая подготовка футболистов разных игровых амплуа. Волгоград: ВГАФК. 233 с.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE PRECOMPETITION TRAINING CAMPS OF THE STUDENT TEAM PLAYERS BY INDICATORS OF PHYSICAL PERFORMANCE

O.O. Kopkareva, N.V. Mamedov

Tver State University, Tver

The possibility of using physical performance indicators as a tool for evaluating the effectiveness of pre-competition fees is being considered. During the study, it was revealed that after the end of the pre-competitive training camps, the players increased their level of physical performance. The average values of the PWC₁₇₀ indicator improved by 50%, and the maximum oxygen consumption indicator by 3.5%. Analysis of physical performance indicators in groups of players of different roles following the training camp revealed that the PWC₁₇₀ indicator for midfielders and forwards is slightly higher than for goalkeepers and defenders. A similar trend was found for the indicator of maximum oxygen consumption.

Keywords: *training of football players of student teams, physical performance of football players, effectiveness of training.*

Об авторах:

КОПКАРЕВА Ольга Олеговна – кандидат биологических наук, доцент кафедры математического и естественнонаучного образования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желяюова, д. 33; e-mail: kopkarevaoo@mail.ru.

МАМЕДОВ Николай Валерьевич – ассистент кафедры физического воспитания, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желяюова, д. 33; e-mail: nik.mamedoff2016@yandex.ru.

Копкарева О.О. Оценка эффективности предсоревновательных сборов футболистов студенческой команды по показателям физической работоспособности / О.О. Копкарева, Н.В. Мамедов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 31-38.

БИОХИМИЯ

УДК 577.218
DOI: 10.26456/vtbio251

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕШЕНИЕ О ПЕРЕНОСЕ МОЗАИЧНЫХ ЭМБРИОНОВ НА ЭТАПЕ ПРЕИМПЛАНТАЦИОННОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

К.В. Федотова, А.Н. Панкрушина
Тверской государственной университет, Тверь

При анализе итогов проведения преимплантационного генетического тестирования, предоставленных тверской медицинской лабораторией ООО «Медикал Геномикс», выявлены факторы, позволяющие сформировать заключение о дальнейших действиях с мозаичными эмбрионами. После обобщения полученных результатов составлены рекомендации по их отбору. Не рекомендованы к переносу мозаичные эмбрионы с дополнительной анеуплоидией, с 3 и более связанными с мозаицизмом хромосомами, с абберациями по 13, 14, 16, 18, 21, X и Y хромосомам. Рекомендована консультация генетика для мозаичных эмбрионов, у которых отсутствуют сопутствующие анеуплоидии, с 1-2 задействованными в мозаицизме хромосомами, с генетическими мозаичными дефектами по всем хромосомам, кроме 13, 14, 16, 18, 21, X и Y, преимущественно с мозаичными делециями и дупликациями.

***Ключевые слова:** преимплантационное генетическое тестирование (ПГТ), анеуплоидии, мозаицизм, перенос мозаичного эмбриона, генетическая консультация, критерии отбора эмбрионов на преимплантационной стадии развития.*

Введение. Репродуктивная медицина использует методы преимплантационного генетического тестирования (ПГТ) в качестве отдельного этапа, осуществляемого в рамках программы экстракорпорального оплодотворения (ЭКО). ПГТ объединяет все виды генетического анализа наследственного материала ооцитов и эмбрионов, которые проводятся перед имплантацией в слизистую оболочку матки (Корсак, 2019). ПГТ-А, или преимплантационное генетическое тестирование на анеуплоидии, позволяет выявить различные хромосомные аномалии как в полной, так и в мозаичной форме.

Решение о переносе эмбриона принимается в зависимости от определённого хромосомного статуса. Наиболее предпочтительны для переноса эмбрионы, не имеющие хромосомных аббераций. Не рекомендованы к переносу анеуплоидные эмбрионы, у которых выявлены численные или структурные хромосомные аномалии.

Мозаицизм представляет третий, промежуточный, хромосомный статус эмбриона (Preimplantation Genetic Diagnosis International Society, 2016).

Мозаицизм – это явление, при котором в организме присутствуют две и более клеточные популяции, генетически отличающиеся друг от друга. Многоклеточный организм, в тканях которого выявлены разнородные клеточные линии, называется мозаиком (Петровский, 1981).

Перенос мозаичного эмбриона – это дискуссионный вопрос, встречающий сложности медицинского и этического характера. По данной причине обсуждение проблемы проводится с участием врача-генетика, который консультирует супружескую пару о потенциальных рисках, связанных с феноменом мозаицизма.

Как правило, большинство пар соглашается на повторный цикл ЭКО, ожидая получить эуплоидных эмбрионов. Треть пациентов принимает решение о переносе эмбриона с тем или иным уровнем мозаицизма. Небольшое количество пациентов оставляет мозаичные эмбрионы на хранение в криобанке. Пациенты, предпринявшие дополнительные попытки в рамках программы ЭКО, получают более успешные результаты в сравнении с пациентами, осуществившими перенос мозаичных эмбрионов. Однако такие факторы, как возраст матери, неудачи предыдущих попыток забеременеть, финансовые проблемы могут сделать приоритетным процесс подсадки эмбрионов с некоторым уровнем мозаицизма (Besser, 2019).

Исследования учёных демонстрируют различные результаты по переносу мозаичных эмбрионов. Впервые репродуктивный потенциал мозаиков был доказан после успешной имплантации трети эуплоидно-анеуплоидных бластоцист и дальнейшего формирования из них эуплоидных эмбрионов (Gresco, 2015). Однако частота выкидышей при беременности мозаичными эмбрионами по сравнению с эуплоидными возрастает в 3 раза (Fragouli, 2017). Наименьший потенциал к имплантации выявлен у бластоцист со сложным мозаицизмом, а также с количеством анеуплоидных клеток выше 40% (Munne, 2017). После имплантации бластоцист с уровнем мозаицизма ниже 50% у пациенток чаще отмечается живорождение (Spinella, 2018). Среди прочих групп мозаичных эмбрионов приоритет при отборе имеют сегментарные мозаики, поскольку демонстрируют лучшие показатели выживаемости (Victor, 2019).

В большинстве случаев беременности мозаичными эмбрионами оканчиваются рождением детей с эуплоидным набором хромосом. Однако в единичном случае мозаицизм, зарегистрированный у эмбриона на этапе преимплантационного генетического тестирования, был подтверждён у новорожденного фенотипически здорового

ребёнка (Kahraman, 2020). Данный факт показывает, что для разработки рекомендаций по отбору эмбрионов на преимплантационной стадии развития, важно накопление статистических данных об исходах беременностей мозаичными эмбрионами. Кроме того, для стандартизации и унификации критериев отбора мозаичных эмбрионов необходимо обобщать опыт работы генетических лабораторий. В данной статье представлено исследование, направленное на выявление критериев, которые используются в одном из подобных учреждений.

Цель исследования – провести анализ факторов, влияющих на решение о переносе мозаичных эмбрионов на этапе преимплантационного генетического тестирования.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить распространенность мозаицизма среди различных групп эмбрионов;
2. Выявить наиболее значимые факторы, позволяющие сформировать заключение о дальнейших действиях с мозаичным эмбрионом;
3. Обобщить рекомендации по отбору результатов преимплантационного генетического тестирования.

Методика. В качестве материала для исследования были использованы результаты ПГТ, содержащие информацию о задействованной в мозаицизме хромосоме, выявленных генетических дефектах, рекомендации эмбрионов для консультации генетика или о непригодности к переносу. Сводная таблица о выполненной процедуре ПГТ предоставлена тверской медицинской лабораторией ООО «Медикал Геномикс» с сохранением конфиденциальности личных данных пациентов (таблица 1).

Таблица 1

Образец записи итогов ПГТ

Mosaic	Result	Recommendation
6	Seq[GRCh37] (6)x1[0.24]	Рекомендована консультация генетика

В первом столбце указывается хромосома или участок хромосомы, по которому детектирован мозаицизм. Второй столбец демонстрирует вид мозаичной хромосомной аномалии и долю анеуплоидных клеток в образце трофэктодермы. В последнем столбце содержатся рекомендации о том, следует направить эмбрион на генетическую консультацию или исключить для продолжения цикла ЭКО. Так, в качестве примера в таблице использован эмбрион с мозаичной моносомией по 6 хромосоме с 24% анеуплоидных клеток, для которого рекомендована консультация генетика.

Для проведения преимплантационного генетического тестирования отбираются эмбрионы с лучшими морфологическими характеристиками. На пятый день онтогенеза биопсируется несколько клеток трофэктодермы эмбриона. Из взятого образца выделяется ДНК, которая затем подвергается фрагментации на многочисленные участки. Для установления нуклеотидной последовательности исследуемого объекта проводится пробоподготовка, включающая полногеномную амплификацию и подготовку ДНК-библиотеки, а также анализ на секвенаторе. Данные, полученные после секвенирования, направляются на биоинформатическую обработку. В итоге формируется заключение, представленное в виде таблицы, некоторые графы которой продемонстрированы выше (таблица 1).

Результаты и обсуждение. Данные ПГТ собраны за период с 2017 года до апреля 2021 года. Всего было протестировано 5566 эмбрионов, из которых у 880 выявлен мозаицизм, что составляет 16% случаев (рис. 1). Частота встречаемости мозаицизма немного ниже средней в сравнении с другими центрами ВРТ, где она варьирует от 2% до 40% (Информационное письмо Международного общества ПГД, 2019).

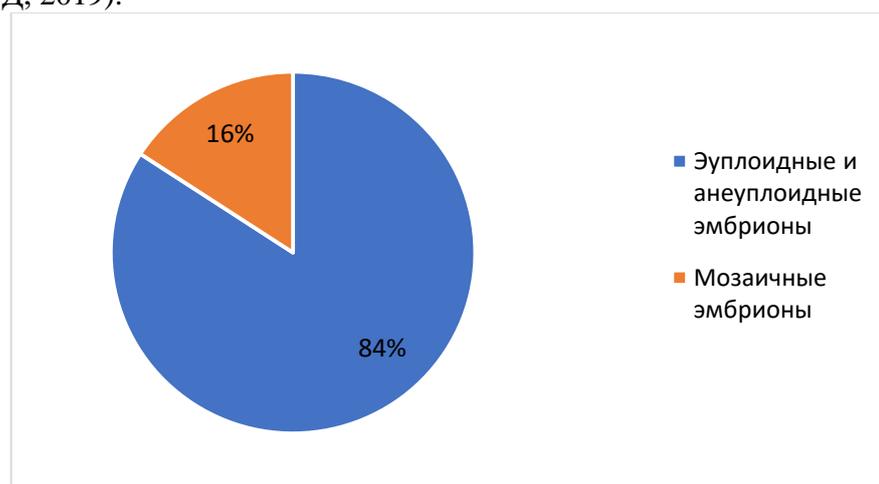


Рис. 1. Частота мозаичных эмбрионов среди итоговых результатов ПГТ

Среди исследуемых эмбрионов были обнаружены следующие виды нарушений: мозаичные моносомии, мозаичные трисомии, мозаичные делеции, мозаичные дупликации (рис.2). Наиболее часто детектированы мозаичные моносомии, наиболее редко – мозаичные дупликации. В целом, преобладает затрагивающий целые хромосомы хромосомный мозаицизм, к которому относятся мозаичные моносомии и мозаичные трисомии. Наименее часто встречается сегментарный мозаицизм, поражающий участки хромосом. Он подразделяется на мозаичные делеции и мозаичные дупликации.

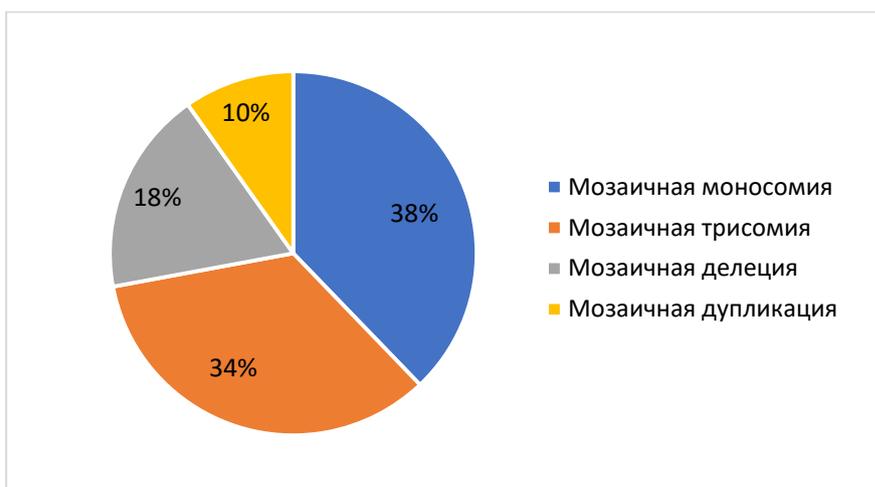


Рис. 2. Частота встречаемости мозаичных дефектов среди итоговых результатов ПГТ

Среди мозаичных эмбрионов не выявлено ни одного, рекомендованного к переносу. Из 880 исследуемых результатов ПГТ 354 относятся к категории «не рекомендованы к переносу», для 526 рекомендована консультация генетика (рис. 3). В ходе исследования проанализировано влияние на принятие экспертного решения следующих факторов: наличие сопутствующих генетических аномалий (полные моносомии, трисомии, делеции, дупликации), количество хромосом, вовлечённых в анеуплоидию, задействованная хромосома, вид мозаичной хромосомной аномалии, а также уровень мозаицизма.

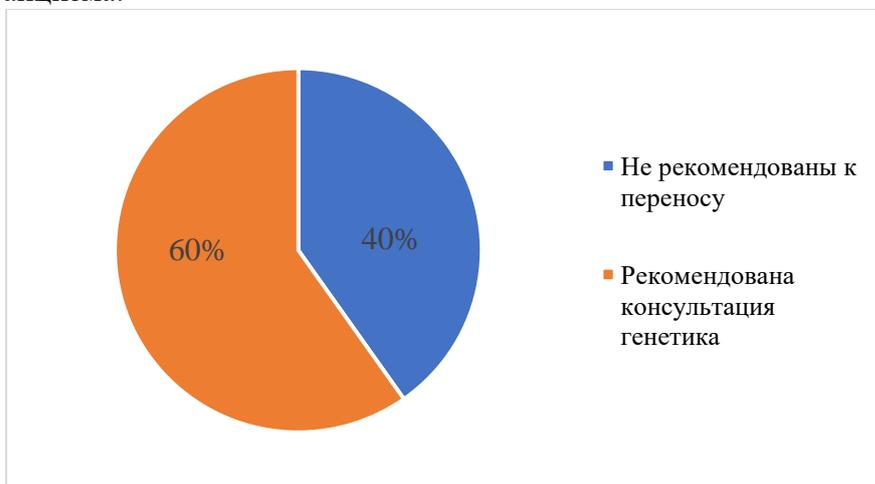


Рис. 3. Соотношение мозаичных эмбрионов с различными вариантами заключения по результатам ПГТ

Дополнительное полное или сегментарное количественное изменение генетического материала хромосом – часто встречающееся

явление среди не рекомендованных для переноса эмбрионов, зарегистрированное в 38% случаев. Однако для направляемых на консультацию генетика мозаиков сопутствующая анеуплоидия выявлена в единичном случае, а обсуждение вопроса о подсадке подобного эмбриона имеет место в частных ситуациях. Таким образом, наличие сопутствующей анеуплоидии позволяет отнести эмбрион к группе не рекомендованных к переносу в 99% случаев (рис. 4).

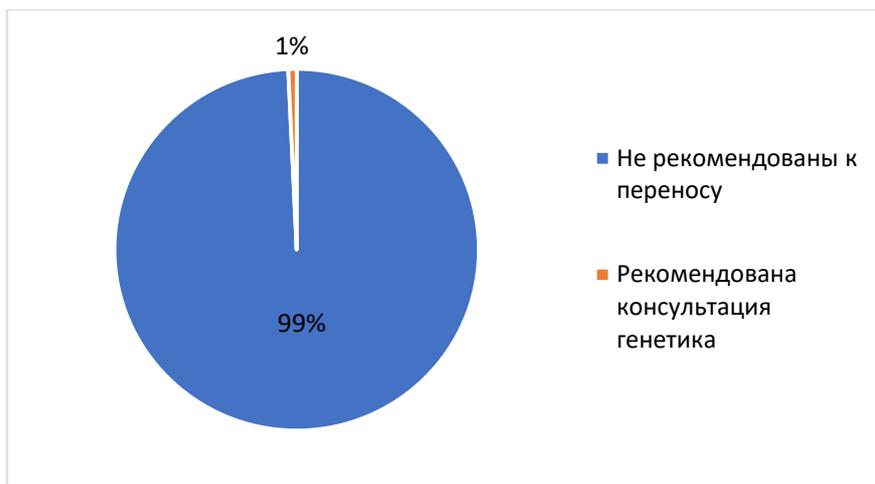


Рис. 4. Распределение случаев сопутствующей анеуплоидии среди мозаичных эмбрионов с различными заключениями по результатам ПГТ

У не рекомендованных к переносу и направляемых на консультацию результатов ПГТ в мозаицизм вовлечено разное количество хромосом. Диапазон числа аномальных хромосом шире у не пригодных для переноса эмбрионов и составляет от одной до одиннадцати. У выносимых на обсуждение о потенциально возможной подсадке он сужается до 1-3 хромосом (рис. 4). В указанной группе мозаицизм по 3 хромосомам детектирован в единственном случае, который может быть исключительным. Однозначно не рекомендуются для дальнейшей имплантации эмбрионы с более, чем тремя хромосомами. Если мозаицизм затрагивает 3 хромосомы, то с частотой 97,4% эмбрион не рекомендован к переносу. Когда в генетическом дефекте задействованы одна или две хромосомы, возможны различные варианты заключения.

Таблица 2

Распределение мозаичных дефектов по количеству задействованных хромосом среди эмбрионов с различными заключениями по результатам ПГТ

Количество хромосом, связанных с мозаицизмом	1	2	3	4	5	7	11
Количество мозаичных дефектов среди не рекомендованных для переноса эмбрионов	84	60	37	22	14	2	1
Количество мозаичных дефектов среди эмбрионов, рекомендованных для консультации генетика	455	70	1	0	0	0	0

Важную роль в формировании заключения играет хромосома, по которой обнаружен мозаицизм. Установлено, что для переноса не пригодны эуплоидно-анеуплоидные эмбрионы по 13, 14, 16, 18, 21 аутосомам и по половым хромосомам. Чаще рекомендуются к консультации эмбрионы с мозаичными формами анеуплоидий по 1, 2, 9 хромосомам, реже – по 16, 18 и 21. Также низка частота назначения консультации для мозаиков по 13, 14, 15 аутосомам и по половым хромосомам (рис. 5). Итак, при выявлении мозаицизма по 13, 14, 16, 18, 21, X, Y хромосомам эмбрион с высокой вероятностью не будет пригоден для подсадки. Если мозаичные анеуплоидии обнаружены по оставшимся хромосомам, то эмбрион может быть рекомендован к генетической консультации.

Следующим значительным фактором, способным повлиять на выбор одного из альтернативных вариантов заключения, является вид анеуплоидии в мозаичной форме. Среди не рекомендованных к переносу эмбрионов наблюдается многократное преобладание мозаичных моносомий и трисомий над мозаичными делециями и дупликациями (рис. 6). При этом последним сопутствуют целочисленные аномалии в мозаичной форме, затрагивающие 14, 16, 18, половые хромосомы. Среди эмбрионов, для которых назначено генетическое консультирование, количественно преобладают сегментарные мозаичные нарушения. Необходимо отметить, что мозаичным делециям и дупликациям сопутствуют мозаичные дефекты, не связанные с хромосомами 13, 14, 16, 18, 21, X и Y.

Поскольку сегментарные генетические aberrации встречаются с частотой 96,6% среди рекомендованных для генетического консультирования, они позволяют включить эмбрион в данную группу.



Рис. 5. Распределение одинарных мозаичных мутаций по хромосомам среди эмбрионов с различными заключениями по результатам ПГТ

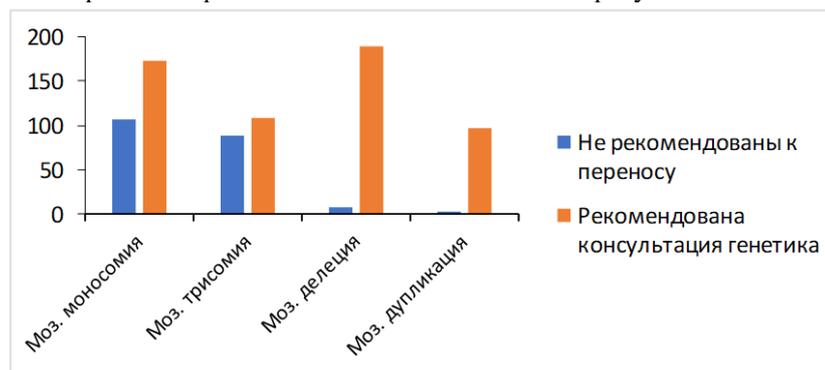


Рис. 6. Распределение мозаичных дефектов в зависимости от их вида среди эмбрионов с различными заключениями по результатам ПГТ

При сравнении частоты встречаемости эмбрионов с разным уровнем мозаицизма у не рекомендованных к переносу и рекомендованных к консультации врача эмбрионов не было выявлено различий. Наиболее многочисленны среди двух групп результаты ПГТ-А с 30-38% анеуплоидных клеток. У наименьшего числа эмбрионов наблюдается 70-80% мозаицизм (рис. 7). Таким образом, уровень мозаицизма не является фактором, от которого зависит решение о потенциальной пригодности или непригодности эмбриона для имплантации.

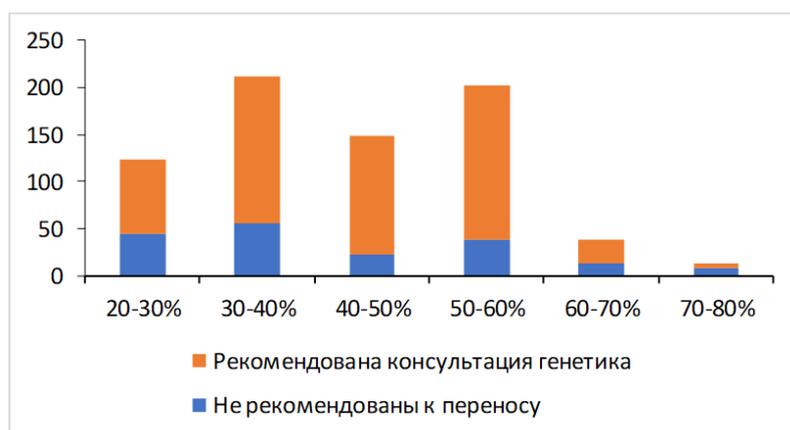


Рис. 7. Распределение мозаичных нарушений в зависимости от уровня мозаицизма среди эмбрионов с различными заключениями по результатам ПГТ

Заключение. Проведённый анализ результатов преимплантационного генетического тестирования 5566 эмбрионов, из которых у 880 был выявлен мозаицизм, показал, что на принятие решения о дальнейших действиях с мозаичным эмбрионом оказывают влияние следующие факторы: наличие сопутствующей анеуплоидии, количество вовлечённых в анеуплоидию хромосом, задействованная хромосома и вид мозаичной хромосомной аномалии. Не рекомендованы к переносу мозаичные эмбрионы с дополнительной моносомией, трисомией, делецией или дупликацией, с 3 и более связанными с мозаицизмом хромосомами, с абберациями по 13, 14, 16, 18, 21, X и Y хромосомам. Рекомендована консультация генетика для мозаичных эмбрионов, у которых отсутствуют сопутствующие моносомии, трисомии, делеции или дупликации, с 1-2 задействованными в мозаицизме хромосомами, с генетическими мозаичными дефектами по всем хромосомам, кроме 13, 14, 16, 18, 21, X и Y, преимущественно с мозаичными делециями или мозаичными дупликациями.

Авторы выражают благодарность сотрудникам тверской медицинской лаборатории ООО «Медикал Геномикс» за оказание помощи в выборе актуальных вопросов для исследования, за разрешение на использование данных таблицы с итогами ПГТ и высококвалифицированное консультирование.

Список литературы

- Информационное письмо* Международного общества ПГД от 27 мая 2019 г. // Проблемы репродукции. Т. 25. № 4. С. 8-12.
- Корсак В.С.* 2019. Руководство по клинической эмбриологии. М: СИМК. 224 с.
- Петровский Б.В.* 1981. Большая медицинская энциклопедия. В 30 т. Т. 15. Меланома – Мудров. М: Сов. энциклопедия. 224 с.
- Besser A.G., Mcculloh D.H., Grifo J.A.* 2019. What are parents doing with their mosaic embryos? // *Fertility and Sterility*. V. 111. P. 132-137.
- Greco E., Minasi M.G., Florentino F.* 2015. Healthy babies after intrauterine transfer of mosaic aneuploid blastocysts // *The New England journal of medicine*. V. 373. P. 2089-2090.
- Fragouli E., Alfarawati S., Spath K.* 2017. Analysis of implantation an ongoing pregnancy rates following the transfer of diploid-aneuploid blastocysts // *Human Genetics*. V. 136. P. 805-819.
- Kahraman S., Cetinskaya M., Yuksel M.* 2020. The birth of a baby with mosaicism resulting from a known mosaic embryo transfer: a case report // *Human Reproduction*. V. 35. № 3. P. 727-733.
- Munne S., Blazek J., Large M.* 2017. Detailed investigation into the cytogenetic constitution and pregnancy outcome of replacing mosaic blastocysts detected with the use of high-resolution next-generation sequencing // *Fertility and Sterility*. V. 108. P. 62-71.
- Preimplantation Genetic Diagnosis International Society.* 2016. PGDIS position statement on chromosome mosaicism and preimplantation aneuploidy testing at the blastocyst stage. PGDIS Newsletter, July 19, 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pgdis.org/docs/newsletter_071816.html (дата обращения: 29.03.2022).
- Spinella F., Fiorentino F., Biricik A.* 2018. Extent of chromosomal mosaicism influences the clinical outcome of in vitro fertilization treatments // *Fertility and Sterility*. V. 109. P. 77-83.
- Victor A., Tyndall J., Brake A.* 2019. One hundred mosaic embryo transferred prospectively in a single clinic: exploring when and why they result in pregnancies // *Fertility and Sterility*. V. 111. № 2. P. 280-293.

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE DECISION TO TRANSFER MOSAIC EMBRYOS AT THE STAGE OF PREIMPLANTATION GENETIC TESTING

К.В. Fedotova, A.N. Pankrushina
Tver State University, Tver

When analyzing the results of preimplantation genetic testing provided by the Tver medical laboratory of Medical Genomics LLC, factors were identified that make it possible to form a conclusion about further actions with mosaic embryos. After summarizing the results obtained, recommendations for their selection were made.

Mosaic embryos with additional aneuploidy, with 3 or more chromosomes associated with mosaicism, with deviations from 13, 14, 16, 18, 21, X- and Y-chromosomes are not recommended for transfer. Mosaic embryos that lack concomitant aneuploidy, with 1-2 chromosomes involved in mosaicism, with genetic mosaic defects on all chromosomes, except 13, 14, 16, 18, 21, X and Y, mainly with mosaic deletions and duplications, are recommended for consultation by a geneticist.

Keywords: *preimplantation genetic testing (PGT), aneuploidies, mosaicism, mosaic embryo transfer, genetic consultation, criteria for the selections of embryos at the preimplantation stage of development.*

Об авторах:

ФЕДОТОВА Кристина Васильевна – магистрант 2 курса биологического факультета по направлению 06.04.01 Биология, (программа «Медико-биологические науки»), ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: bio.biology@tversu.ru.

ПАНКРУШИНА Алла Николаевна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и физиологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: Pankrushina.AN@tversu.ru.

Федотова К.В. Анализ факторов, влияющих на решение о переносе мозаичных эмбрионов на этапе преимплантационного генетического тестирования / К.В. Федотова, А.Н. Панкрушина // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 39-49.

ЗООЛОГИЯ

УДК 591.563

DOI: 10.26456/vtbio252

ОСОБЕННОСТИ ГНЕЗДОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ ЛАСТОЧЕК В УСЛОВИЯХ БИРИКЧУЛЬСКОЙ КОЛОНИИ (ДОЛИНА РЕКИ АСКИЗ, ЮЖНАЯ СИБИРЬ)

А.А. Асочаков¹, А.А. Дёмин², Н.И. Санкина³, С.В. Драган¹

¹Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан

²Филиал «ЦЛТИ по Енисейскому региону» «ЦЛТИ по СФО», Черногорск

³ООО «Эксперт», Абакан

Обсуждаются итоги семи лет наблюдений за гнездованием береговых ласточек в условиях Бирикчульской колонии. На примере одного из её участков в межгодовой динамике количества нор было установлено три последовательных этапа развития. Первый из них, начался после отлёта птиц на зимовку в 2014 г. и завершился до начала периода их гнездования в 2015 г. Особенностью этого этапа явилось снижение общего количества нор на 33% от начального, по причине воздействия на них землеройной техники. Второй этап, длившийся с 2015 до 2017 гг. охарактеризовался процессом частичного восстановления количества нор до уровня перед их резким сокращением в 2014 г. Весной 2017 г., начался третий этап, когда стала наблюдаться постепенная убыль норных укрытий ласточек вероятно по причине их переселения на соседний участок и влияния естественной почвенной эрозии на заброшенные норы. Результаты измерения 52 нор показали, что их глубина в среднем достигала $34,3 \pm 2,7$ см, ширина летка составила $9,6 \pm 1,1$ см, а высота – $7,9 \pm 0,8$ см ($P = 0,95$).

Ключевые слова: *Aves, Hirundinidae, береговые ласточки, колония, Южная Сибирь.*

Введение. Результативность итогов изучения популяционной биологии растений и животных в значительной степени зависит от объёма и содержания накопленных фактографических данных. В этой связи в ходе планирования исследований кроме прочих условий обычно принято учитывать, как обилие, так и степень доступности особей популяций. Исходя из этого, к группе достаточно удобных для изучения видов можно отнести береговых ласточек. В период гнездования они образуют колонии с высокой плотностью особей, что значительно экономит время, силы и средства, затрачиваемые на проведение исследований. Именно в этот весьма важный период жизненного цикла этих птиц все возрастные группы, включая потомство, становятся относительно легкодоступными. Важно отметить, что для обеспечения массового коллектирования ласточек нет необходимости применять летальные способы добычи. Так,

например, Грязнова (Евтихова) и Савченко (2017) сообщают о том, что в течение всего пяти лет, с 1983 по 1987 гг., им и их коллегам удалось окольцевать более 39,6 тыс. особей *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) и *R. diluta* (Sharpe et Wyatt, 1893). Чуть позже, с 2008 по 2012 гг., ими же было помечено ещё более чем 7 тыс. птиц данных видов (Грязнова (Евтихова) и Савченко, 2017). Действительно, существует не так много групп животных, с которыми было бы возможным провести такую массовую процедуру кольцевания. Помимо высокой плотности популяции и относительной легкодоступности в период гнездования береговушкам характерно весьма широкое географическое распространение. Так, например, береговушку *R. riparia* можно встретить в самых различных регионах Евразии и Северной Америки (Колоярцев, 1989; Check-list of North American birds..., 1989; Степанян, 2003 и др.). Данное обстоятельство также предопределяет хорошие предпосылки, например, для обобщения и сравнения данных, из различных частей ареалов представителей рода *Riparia*.

В обширном перечне направлений по изучению биоэкологических особенностей ласточек особое место занимает оценка параметров их гнездостроительной активности. Размещение гнёзд в норах глубиной до 1,5 м (Колоярцев, 1989) снижает для береговушек риск разорения их кладок и потери птенцов в результате активности различных хищников. Оценки численности этих укрытий с учётом поправочных коэффициентов можно использовать в качестве индексов плотности популяции и, как следствие, показателей относительного благополучия отдельных колоний ласточек. Таким образом, данные, характеризующие биологию береговых ласточек в период их гнездования, можно отнести к тем, что вносят значительный вклад в изучение различных аспектов биологии птиц.

Целью исследования явилось описание результатов семи лет наблюдений за гнездовой биологией ласточек, населяющих Бирикчульскую колонию в долине р. Аскиз (Южная Сибирь). В ходе достижения этой цели решалось несколько задач. Из них итоги двух очень близких друг другу будут рассмотрены в данном сообщении. Первая из поставленных задач состояла в том, что бы описать общие и частные особенности многолетней динамики количества нор на одном из участков колонии. Суть второй заключалась в оценке значений статистических показателей, характеризующих три основных и два дополнительных параметров нор ласточек.

Методика. Изучение гнездования ласточки *Riparia* spp. было проведено в границах участка Линейный – 1 Бирикчульской колонии. Данная колония расположена близ пос. Бирикчуль (Аскизский район Республики Хакасия). Её общее описание было предложено нами ранее (Асочаков, 2020). Наблюдения проводились в течение семи лет,

с 2014 по 2020 гг. Все полевые работы явились частью регулярных экспедиционных исследований, выполненных в долине р. Аскиз сотрудниками и студентами Хакасского госуниверситета (г. Абакан, Республика Хакасия). Все связанные с этим мероприятия сопровождались процессом фотографирования, как всей колонии, так и её отдельных участков. Для описания особенностей пространственного распределения нор ласточек, а также оценивания их линейных параметров применялись лазерный дальномер, измерительная рулетка, масштабная линейка длиной 1 м, а также гидрологический лотлинь с интервалом между метками 1 м. Будет важным затметить, что лишь в двух случаях из семи, а именно 05.07.2014 г. и 12.07.2016 г., сбор данных проводился непосредственно в периоды гнездования ласточек. Все остальные наблюдения были проведены в дни до начала или после окончания сроков гнездования птиц. Поэтому они не могли оказать какого-либо беспокоящего воздействия, как на взрослых птиц во время откладки и насиживания ими яиц, так и на их птенцов. Для решения первой задачи исследования были использованы результаты описания отдельных участков колонии с помощью фотографий. Кроме этого были использованы итоги измерений длины и высоты стенок обрывов, где располагались отдельные участки, расстояния от нижнего и верхнего уровней нор до основания и верхней границы обрыва соответственно. Параметры колонии приводятся здесь согласно её состоянию в такие дни наблюдений как: 05.07.2014, 01.08.2015, 12.07.2016, 07.11.2017, 01.11.2018, 09.07.2019 и 09.10.2020 гг. Для изучения межгодовой динамики количества нор был выбран участок Линейный – 1. Данное решение было продиктовано тем, что именно для этого участка был накоплен наиболее полный объём данных. К тому же он дважды подвергался воздействию землеройной техники, и было важным выяснить, как они могли повлиять на гнезδοстроительную активность птиц. Решение второй задачи, связанной с измерением линейных параметров нор, так же выполнялось на примере участка Линейный – 1. Решающим условием, определившим данный выбор, явилось то, что в сравнении с другими четырьмя участками местные норы оказались самыми доступными для изучения. Непосредственное измерение внешних и внутренних параметров норных укрытий, а также фотографирование выходов из них было выполнено 07.11.2017 г. А.А. Дёминым и Н.И. Санкиной. Общий вид участка колонии в день, когда были проведены эти измерения, представлен на рис. 1. Для характеристики нор, где ласточки размещают свои гнёзда, были применены традиционные методы (Михеев, 1975; Колоярцев, 1989 и др.). Глубина норы (*l*) оценивалась как расстояние от наружной границы входа до тыльной стенки за гнездовой камерой. Так как летки

ласточек или входные отверстия в норы обычно имеют овальную форму, то измерялись высота (h) и ширина (b) входа или летка. Однако хорошо известно, что леток, а именно его наружная кромка со временем начинает осыпаться, поэтому добиться стандартизации в измерении его высоты и ширины всегда очень сложно. По этой причине кроме двух наружных диаметров были измерены высота ($h_{0,1}$) и ширина ($b_{0,1}$) каждой норы на расстоянии 0,1 м от входа или от плоскости стенки обрыва. Таким образом, для общей характеристики параметров нор ласточек измерялись пять линейных показателей. Результаты измерений были подвергнуты статистической обработке. Помимо средних значений (X_{cp}) были определены лимиты (x_{min} , x_{max}), а также рассчитаны, размахи изменчивости (H), средние квадратические отклонения (σ), коэффициенты вариации (cv) и доверительные интервалы для генеральных средних ($M \pm mt$). Значения последнего показателя рассчитывались для уровня доверительной вероятности (P) 95 %.

Все фотоматериалы с общим видом колонии, а также её отдельными участками и входами в норы в виде электронных документов были переданы на хранение в фонды Зоологического музея Хакасского госуниверситета.

Результаты и обсуждение. Участок Линейный – 1, где были выполнены исследования, располагался в юго-восточной части колонии. Его местонахождение внутри колонии показано на рис. 2 в опубликованном ранее описании Бирикчульской колонии (Асочаков, 2020). По состоянию на 1 ноября 2018 г. норы на данном участке были размещены в относительно вертикальной стенке карьера протяжённостью около 20 м и высотой до 4 м (рис. 1).

Её основная часть (см. рис. 1), а, следовательно, и выходы из самих нор были ориентированы на северо-восток. Результаты наблюдений за динамикой количества нор в колонии за период с 2014 по 2020 гг. в графическом виде представлены на рис. 2.

На графике видно как в течение семи лет изменялось абсолютное количество нор на участке Линейный – 1. Причиной сравнительно резкого, более чем на 30 % по сравнению с 2014 г., снижения общего количества нор в колонии в 2015 г. явилось то, что здесь в какие-то из дней с 06.07.2014 по 18.05.2015 г. были проведены землеройные работы. Подтверждением этому явились характерные следы от зубьев ковша экскаватора на стенке карьера и остаточное распределение нор, после окончания землеройных работ. Следы от ковша видны и на снимке 2017 г. (рис. 1). Следует обратить внимание на то, что рабочий, управлявший экскаватором, всё же стремился оставить целыми большую часть нор ласточек. В 2015 г. нам удалось побывать в районе колонии дважды, а именно 19 мая, то есть до

прилёта ласточек на гнездование и 1 августа уже после их отлёта на зимовку. В результате выяснилось, что в дополнение к уже имеющимся норами птицы вырыли здесь порядка 15 новых укрытий. Об этом можно было судить как по суммарному количеству нор на участке Линейный – 1, так и по свежим конусообразным насыпям песчано-глинистой смеси, появившейся у основания стенки карьера под новыми норными ходами. Причём по какой-то причине почти все вновь вырытые ласточками норы оказались в верхней левой части характеризуемого участка (см. рис. 1). Вполне вероятно, что причиной этому явился более пригодный для рытья нор механический состав почвы. Таким образом, в результате земляных работ на участке Линейный – 1 количество нор сократилось со 154 до 104, или без округления на 33%.



Рис. 1. Вид на участок Линейный – 1 Бирикчульской колонии ласточек-береговушек (фото А. А. Асочакова, дата съёмки 07.11.2017 г.)

Далее в течение последующих трёх лет наблюдалось увеличение их количества до 130 в 2017 г. (рис. 2) или на 20% в сравнении с началом периода размножения в 2014 г. Однако после 2017 г. общее количество норных укрытий вновь стало снижаться. Вероятней всего на частичное сокращение количества нор, могла повлиять естественная эрозия почвы. Необходимо подчеркнуть, что, судя по состоянию стенки карьера в последующие четыре года, очередные земляные работы на участке Линейный – 1 не проводились. Лишь в трёх местах, вероятней всего человеком, были разрыты два летка (рис. 1). Эти углубления появились в интервале времени между 13.07.2016 г. и 6.11.2017 г. Далее, в течение седьмого года наблюдений в один из зимних, весенних или летних месяцев 2020 г. в карьере вновь были проведены работы по добыче песчано-глинистой смеси. На этот

раз более масштабные, чем в 2014 г. Следует заметить, что на этот раз изъятие грунта в основном проходило за счёт углубления карьера и не затронуло тех мест на участке Линейный – 1, где располагались норы ласточек.

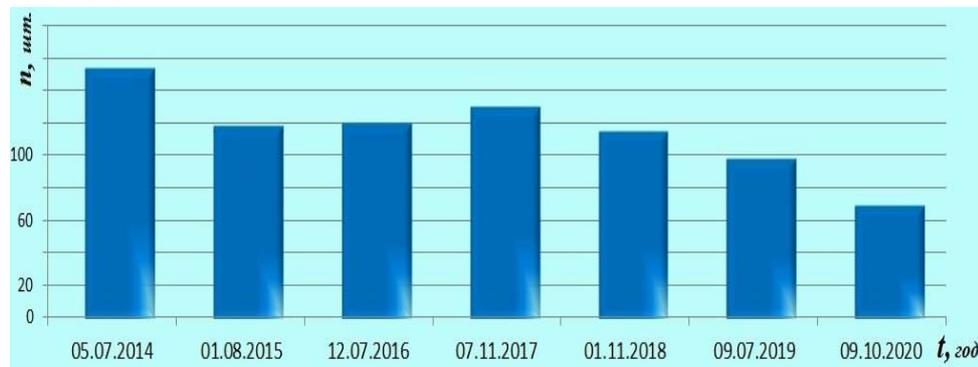


Рис. 2. Динамика количества нор на участке Линейный – 1 Бирикчульской колонии ласточек в период с 2014 по 2020 гг.

На первый взгляд отсутствие после 2017 г. вновь появляющихся нор ласточек и даже тенденции к сокращению их количества даёт основания говорить о некотором снижении общей численности гнездящихся птиц не только на описываемом участке, но и во всей колонии в целом. Однако динамика количества нор на близ расположенных участках колонии говорит об обратном. Мы полагаем, что явились свидетелями одного из способов адаптации, которую в рамках проведённых исследований можно условно назвать «стратегией компенсации утраченных нор» или просто «стратегией компенсации». Обоснование такого типа поведения ласточек в случае механического разрушения их укрытий будет представлено ниже.

Кроме слежения за динамикой количества нор ласточек в колонии было выполнено их описание с использованием трёх основных и двух дополнительных линейных параметров. Типичный для колонии вход представлен на рис. 3.

Всего 7 ноября 2017 г. на участке Линейный – 1 было изучено и описано 52 норных укрытия береговушек. Данное количество составило порядка 40 % от всех тех нор, что были зарегистрированных здесь в день сбора данных. Если соотнести количество описанных нор на характеризуемом участке с общим количеством относительно целых укрытий для гнёзд ласточек, то их доля последних составит порядка 60 %. Плотность размещения нор на участке Линейный – 1 без учёта степени их сохранности составила 1,4 шт./м². Необходимо отметить, что данный показатель отражает их соотношение к той площади, которая является пригодной или потенциально пригодной

для рытья норных укрытий. Местами они образовывали скопления, расположенные на одном уровне, или «этажи» (рис. 1). Наибольшее количество таких этажей по состоянию участка на 7 ноября 2017 г. оказалось равным четырём. Первый снизу ряд гнёзд на участке Линейный – 1 или самый нижний уровень, был расположен на высоте 1,8 м от нижней же границы стенки карьера. В то время как минимальное пространство от верхней границы обрыва до ближайшей к нему норы оказался равным – 0,1 м.



Рис. 3. Внешний вид входа в нору ласточки в Бирикчульской колонии (фото Н.И. Санкиной и А.А. Дёмина, дата съёмки 07.11.2017 г.)

В результате выполненных измерений было получено 260 количественных значений, характеризующих пять параметров нор ласточек. Выяснилось, что глубина нор на участке Линейный – 1, в среднем равна $34,3 \pm 2,7$ см ($n = 52$, $P = 0,95$). Аналогичный показатель, характеризующий наружную ширину летка, составил $9,6 \pm 1,1$ см. ($n = 52$, $P = 0,95$), тогда как высота летка – $7,9 \pm 0,8$ см ($n = 52$, $P = 0,95$). Более подробные итоги статистической обработки этих и ещё двух дополнительных параметров представлены в таблице.

Вполне наглядно видно, что значения двух дополнительных показателей изменчивости внутренних диаметров норы оказались почти в два, а в ряде случаев даже более того раз меньше, чем результаты аналогичных измерений, но на входе в нору. Таким образом, использование двух дополнительных измерений норы можно объяснить тем, что линейные показатели, характеризующие ширину и высоту хода норы на расстоянии 0,1 м, более обосновано

характеризуют её конфигурацию, нежели традиционные для измерений внешние диаметры. Для обеспечения условий проведения сравнительного анализа нор Бирикчульской колонии с таковыми из других мест, среди статистических показателей, что представлены в таблице, приводятся значения среднего квадратического отклонения.

Таблица

Характеристика параметров нор ласточек-береговушек на участке
Линейный – 1 Бирикчульской колонии по состоянию на 7 ноября 2017 г.
(комментарии в тексте)

№ п/п	Параметр	x_{\min}	x_{\max}	N	$X_{\text{ср}}$	σ	$M \pm mt$	cv
1	h	4,0	18,0	14,0	7,9	2,9	0,8	36,5
2	b	5,0	25,0	20,0	9,6	3,8	1,1	40,2
3	$h_{0,1}$	5,0	12,0	7,0	8,3	1,7	0,5	20,4
4	$b_{0,1}$	7,0	16,0	9,0	10,6	2,3	0,6	21,9
5	l	19,0	60,0	41,0	34,3	9,5	2,7	27,8

Данные, характеризующие многолетнюю динамику количества нор на участке Линейный – 1, оказалось, важно рассмотреть в сравнении с аналогичными для близ расположенных участков колонии. Прежде всего, с Линейным – 2. Межгодовая динамика количества нор на этом участке была описана нами ранее (Асочаков, Драган, 2020). В результате проведённого сравнения возникло основание предположить, что в 2015 г. внутри Бирикчульской колонии случилось пространственное перераспределение места для гнездования ласточек. Часть птиц, которые ещё в 2014 г. гнездились на участке Линейный – 1, в 2015 г. переселились на участок Линейный – 2. Именно это переселение могло компенсировать утрату ранее существовавших в колонии нор на участке Линейный – 1. Будет интересным заметить, что внутри колонии эти два участка соседними не являются (Асочаков, 2020). Основанием для данного предположения является то, что после земляных работ количество нор на участке Линейный – 1 сократилось с 154 до 104 шт., тогда на участке Линейный – 2 оно увеличилось с 12 в 2014 г. до 210 шт. в 2015 г. На первый взгляд указанное соотношение не может быть признано равнозначным. Однако возникшую диспропорцию в 148 нор частично можно объяснить тем, что в 2015 г. не все норы на повреждённом в 2014 г. участке Линейный – 1 могли быть использованы повторно. Более того могло случиться и так, что не отдельные пары, а почти все

птицы с этого участка, могли переселиться на Линейный – 2. Дополнительным аргументом в пользу наличия у береговушек стратегии компенсации, может явиться то, что в результате утраты части нор птицы не стали мигрировать всей колонией на новое место для гнездования, а приступили к рытью новых нор в своей материнской колонии, но на её же другом участке. Дело в том, сооружение хода глубиной около 1 м требует значительных усилий и затрат времени. По всей видимости, именно данное обстоятельство объясняет стремление птиц не сооружать ежегодно новые, а переиспользовать старые норы. О фактах повторного использования нор ранее сообщали (Petersen, 1955; Колоярцев, 1989 и др.). В то же время вполне вероятно существует порог, оцениваемый долей утраченных норных укрытий, превышение которого всё же заставляет ласточек покинуть район относительно постоянного гнездования. Например, так как это случилось с колонией береговушек, ранее существовавшей близ аала Сафьянов Аскизского района Республики Хакасия на правом берегу р. Абакан (Асочаков, 2021). Там, после наводнения, случившегося в 2014 г., когда все норы колонии были буквально смыты паводковой волной, ласточки на прежнее место так и не вернулись. Это не смотря на то, что уже на следующий год степень обрывистости берега полностью восстановилась и, как мы полагаем, вновь стала пригодной для рытья нор ласточками. Причём они не вернулись сюда и в последующие три года, то есть вплоть до 2018 г. включительно.

По понятным причинам во внегнездовой период общее количество нор не может рассматриваться в качестве точной оценки популяционной плотности гнездившихся в колонии птиц. Однако после разработки методов использования поправочных коэффициентов эти данные вполне могут рассматриваться в качестве косвенных показателей плотности. В то же время прямой учёт жилых нор в период гнездования так же связан с решением сложных и весьма затратных задач. Он, по нашему мнению, возможен лишь по итогам тщательного просмотра многочасовых видеозаписей. Непосредственный осмотр нор в данный период сопряжён с риском принудить птиц к оставлению своих кладок, или даже птенцов, что вряд ли оправдано. Одним из возможных вариантов решения такой задачи может быть мечение нор, какими-либо предметами в сроки до прилёта птиц на гнездование. Мы полагаем, что в случае выбора помеченной норы ласточки будут вынуждены вытолкнуть из неё этот предмет, чтобы подготовить внутреннее пространство туннеля и гнездовой камеры к откладке яиц. Таким предметом может послужить листок бумаги, плотно смятый в форме шара диаметром от 1 до 2 см. с данными об индивидуальном номере норы и датой его установки в

качестве метки. До помещения меток-маркёров в норы на фотоизображении всей колонии каждой из нор будет необходимо присвоить уникальные номера. Далее, после окончания периода гнездования, достаточно вновь проверить все норы для того, чтобы сравнить количество выброшенных из них маркёров и тех, что остались внутри. При этом необходимо учесть и вновь вырытые норы, что будет возможным сделать, в процессе сравнения фотоснимков колонии до и после гнездования.

Выводы. Таким образом, в результате семи лет наблюдений за гнездостроительной активностью ласточек-береговушек, населяющих Бирикчульскую колонию на участке Линейный – 1, было выяснено что:

1. За период наблюдений с 2014 по 2020 гг. в межгодовой динамике количества нор были зафиксированы три относительно хорошо выраженные периода. Первый из них, самый короткий, начался после завершения периода гнездования в 2014 г. и длился до начала аналогичного периода в 2015 г. Его особенностью явилось снижение суммарного количества нор на 33 % от того, что был 2014 г. Причиной снижения явилась работа в карьере землеройной техники. Второй этап, длившийся с 2015 до 2017 гг. характеризовался процессом их частичного восстановления до уровня 2014 г. Весной 2017 г, начался третий этап, когда началась постепенная убыль норных укрытий ласточек вероятно по причине естественной эрозии почвы.

2. Результаты измерения нор на участке Линейный – 1 позволили установить, что в среднем их глубина равнялась $34,3 \pm 2,7$ см ($n = 52, P = 0,95$). Показатели, характеризующий наружную ширину летка, составили $9,6 \pm 1,1$ см ($n = 52, P = 0,95$), а высоту летка – $7,9 \pm 0,8$ см ($n = 52, P = 0,95$). Показатели, аналогичные ширине и высоте летка, но измеренные в 0,1 м от входа нору показали близкие, но почти вдвое меньшие по уровню своего варьирования значения.

Авторы высказывают свою искреннюю признательность Л.В. Петраковой, руководителю производственной практики университета, Л.И. Созиновой, диспетчеру по автотранспорту университета, а также водителям автопарка А.В. Протасову и Д.Г. Топоеву за помощь, оказанную в планировании и осуществлении экспедиционных выездов в район проведения исследований.

Список литературы

Асочаков А.А. 2020. Характеристика Бирикчульской колонии ласточек (Южная Сибирь, долина реки Аскиз) // Научное обозрение. Биологические науки. № 3. С. 84-88. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1201> (дата обращения: 04.10.2021).

- Асочаков А.А. 2021. Влияние последствий наводнения на Сафьяновскую колонию береговушки *Riparia riparia* (долина реки Абакан, Южная Сибирь) // Русский орнитологический журнал. Т. 30, экспресс-выпуск 2029. С. 431-435.
- Асочаков А.А., Драган С.В. 2020. Динамика количества нор береговых ласточек на отдельном участке Бирикчульской колонии (Южная Сибирь, долина реки Аскиз) // Теория и практика современной науки. № 9(63) (дата публикации: сентябрь 2020). URL: https://f5f7e10c-a5dd-471b-96cb-d1595326738e.filesusr.com/ugd/b06fdc_761c53753e7447cf926d79938dd2827d.pdf?index=true (дата обращения: 04.10.2021)
- Грязнова (Евтихова) А.Н., Савченко А.П. 2017. Особенности распространения береговой (*Riparia riparia* Linnaeus 1758) и бледной береговой (*Riparia diluta* Sharpe et Wyatt 1893) ласточек (Passeriformes, Hirundinidae) в области симпатрии на юге Центральной Сибири // Зоологический журнал. Т. 96. № 3. С. 312-319.
- Колоярцев М.В. 1989. Ласточки. Серия: Жизнь наших птиц и зверей. Вып. 10. Л.: Изд-во Ленинградского университета. 248 с.
- Мухеев А.В. 1975. Определитель птичьих гнезд. М.: Просвещение. 175 с.
- Степанян Л.С. 2003. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: ИКЦ «Академкнига». 808 с.
- Check-list of North American birds. The Species of Birds of North America from the Arctic through Panama, Including the West Indies and Hawaiian Islands. Seventh edition.* 1998. Washington, DC.: American Ornithologists' Union. 829 p.
- Petersen A.J. 1955. The Breeding Cycle in the Bank Swallow // The Wilson Bulletin, Published by: Wilson Ornithological Society. V. 67. № 4. P.235-286.

FEATURES OF NESTING OF BANK SWALLOWS IN THE CONDITIONS OF THE BIRIKCHUL COLONY (ASKIZ RIVER VALLEY, SOUTHERN SIBERIA)

A.A. Asochakov¹, N.I. Sankina², A.A. Demin³, S.V. Dragan¹

¹ Katanov Khakass State University, Abakan

²Branch «Center for laboratory analyzes and technical measurements in the Siberian Federal District in the Yenisei region» «CLATM in the SFD», Chernogorsk

³LLC «Expert», Abakan

The results of seven years of observations of the nesting of coastal swallows in the conditions of the Birikchul colony are discussed. On the example of one of its sites, three successive stages of development were established in the interannual dynamics of the number of burrows. The first of them began after the birds left for the winter in 2014 and ended before the start of their nesting period in 2015. A feature of this stage was a decrease in the total number of burrows by 33% from the initial one, due to the impact of earthmoving equipment on them. The second stage lasted from 2015 to 2017. It was characterized by the process of partial restoration of the number of burrows to the level before their sharp reduction in

2014. In the spring of 2017, the third stage began, when a gradual decrease in the burrow shelters of swallows began to be observed, probably due to their relocation to a neighboring site and the influence of natural soil erosion on abandoned burrows. The measurement results of 52 burrows showed that their depth on average reached $34,3 \pm 2,7$ cm, the width of the hole was $9,6 \pm 1,1$ cm, and the height was $7,9 \pm 0,8$ cm ($P = 0,95$).

Keywords: *Aves, Hirundinidae, bank swallows, colony, Southern Siberia.*

Об авторах:

АСОЧАКОВ Анатолий Андреевич – заведующий Зоологическим музеем, ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 655017, Республика Хакасия, Абакан, проспект Ленина, 90; e-mail: asochakov@mail.ru.

ДЁМИН Алексей Алексеевич – инженер, Филиал «ЦЛАТИ по Енисейскому региону» ФГБУ «ЦЛАТИ по СФО», 660055, Красноярск, ул. Джамбульская, д. 10.

САНКИНА Наталья Ивановна – инженер, ООО «Эксперт», 660062, Красноярск, ул. Высотная, д. 2; e-mail: big.alarmist@mail.ru.

ДРАГАН Сергей Викторович – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 655017, Республика Хакасия, Абакан, проспект Ленина, 90, e-mail: dragan@khsu.ru.

Асочаков А.А. Особенности гнездования береговых ласточек в условиях барикчуйской кологии (долина реки Аскиз, Южная Сибирь) / А.А. Асочаков, А.А. Дёмин, Н.И. Санкина, С.В. Драган // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 50-61.

РОССИЙСКИЙ ОПЫТ РАЗВЕДЕНИЯ ОБЫКНОВЕННОГО ГЛУХАРЯ (*TETRAO UROGALLUS L.*): ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ СВОБОДНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

А.С. Кирпичев¹, В.И. Николаев²

¹Московский государственный областной университет, Мытищи

²Национальный парк «Валдайский», Новгородская область

Обсуждаются результаты разведения и реинтродукции глухаря (*Tetrao urogallus L.*) в России. Обращается особое внимание на вопросы инкубации яиц, выживаемости птенцов, способы воспитания глухарей в естественной среде под контролем человека, адаптации молодых птиц к биотопическим условиям. Рассматриваются возможности использования глухарей для эколого-демонстрационных целей в национальных парках.

Ключевые слова: *глухарь, разведение, выживаемость, реинтродукция, экологическая демонстрация, Россия.*

Введение. Интерес к работам по искусственному разведению глухаря (*Tetrao urogallus L.*) связан с необходимостью восстановления ослабленных популяций на фоне отрицательного тренда численности вида в России (Пиминов, Стрельников, 2018), а также с поиском возможностей расширения его использования для охотничьих и эколого-просветительских целей. Данное направление работ становится особенно актуальным в связи с курсом на опережающее развитие внутреннего туризма, направленного на познание природно-исторического наследия страны и экологическую демонстрацию наиболее «характерных» видов животных в природных условиях (Увидеть и сохранить ..., 2015). В связи с этим необходимо не только содержать и разводить глухарей в специализированных питомниках, но и совершенствовать методики их выпуска в природные угодья для создания метапопуляционных группировок – резерва для восстановления численности этих птиц.

Опыт и итоги разведения глухаря в СССР. В СССР планировались исследовать возможности domestikации и промышленного разведения глухаря, а уже затем ставилась задача получить наиболее приспособленных для целей реинтродукции птиц. Работы С.А. Ларина в Подмосковье и в Вологодской области, Е.А. и Е.В. Крутовских в заповеднике «Столбы», С.П. Кирпичева в Баргузинском заповеднике легли в основу дальнейших попыток

вывести на новый уровень технологию содержания, разведения и выпусков глухарей (Ларин, 1941; Кирпичев, 1962; Крутовская Е.А., Крутовская Е.В., 1953).

Длительные работы в Дарвинском и Березинском заповедниках прекратились после развала Советского Союза; ход работ подробно освещен рядом исследователей (Немцев и др., 1973а, 1973б; Габузов, 1984; Павлющик, Малютина, 1987), а результаты кратко описаны одним из авторов данной статьи ранее (Кирпичев А., 2021). Материал, с которым работали исследователи в этих питомниках, обобщен нами согласно личным сообщениям В.В. Немцева (2000) и Т.Е. Павлющик (2021) (табл. 1).

Таблица 1

Итоги разведения глухаря в питомниках заповедной системы СССР и России

Показатели	питомник Дарвинского заповедника	питомник Березинского заповедника
Годы работ	1960-1997	1972-1990
Способ формирования поголовья	живоотлов, сбор кладок	сбор кладок
отловлено диких птиц	480	0
собрано яиц из кладок диких глухарок	133	178
получено яиц от глухарок питомника	2814	1064
вывелось птенцов, гол.	834	356
выращено взрослых глухарей, гол.	199	~150
Выпущено взрослых особей, гол.	41	не выпускались

Современное положение с разведением глухаря в России и республике Беларусь. Институт систематики и экологии животных СО РАН и Новосибирский зоопарк проводят совместные исследования по совершенствованию методик содержания, разведения, выпуска в природу тетеревиных птиц, а также изучению процессов их адаптации к естественной среде обитания. С 1998 г. проводится работа с глухарем, маточное поголовье которого поступило из Томской, Новосибирской областей и Красноярского края (17 диких птиц). За период с 2000 по 2020 гг. было получено более 600 птенцов глухаря. По результатам размножения в первый год жизни отход молодняка глухарей по разным причинам составил в среднем 26%. За последние 9 лет (2012 – 2020 гг.) вывелось 323 глухаренка, выращено до первого октября – 239 молодых птиц. Сохранность молодняка за этот период составила в среднем 79% от числа выведшихся птенцов. Большинство птенцов получено путем естественной инкубации. Молодняк

выращивается преимущественно брудерным способом, реже под самками. В период 2014-2019 гг. 73 глухаря (включая 20 пуховых птенцов) были выпущены в уголья. Птенцов выпускали вместе с самками (5 выводков) с использованием адаптационных вольерок, хорошо зарекомендовавших себя в ходе работ по выпуску в природу самок дикуши (*Falci pennis falci pennis* (Hartl.)) с выводками (Шило, Климова, 2010). В другие зоопарки было передано 236 птиц; количество глухарей в питомнике на 1 апреля 2021 г. – 30 особей.

Таблица 2

Результаты инкубации яиц, снесенных глухарками в питомнике (1990 – 2008, 2018 гг.)

Способ инкубации яиц	Заложено яиц, шт.	Кол-во яиц с развитием эмбрионов, шт.	Кол-во вылупившихся птенцов, гол.	Вывод*, %%
Под глухаркой	417	366	226	61,7%
Контактный	74	71	36	50,7%
Комплексный	166	116	80	68,9%
Конвективный	33	32	2	6,3%
ИТОГО	690	585	344	58,8%

Примечание. * под термином «вывод» подразумевается процент вылупившихся птенцов из числа яиц с развитием эмбрионов.

С 2016 г. в республике Беларусь активизировались работы по сохранению редкого западноевропейского (чернобрюхого) подвида глухаря (*Tetrao urogallus major* Brehm) (Павлющик, 2018; Павлющик, Шакурн, 2021). В республиканском заказнике «Налибокская Пуща» с 2016 г. при участии Т.Е. Павлющик начались мероприятия по комплектованию маточного поголовья глухаря, осуществляемого путем отлова взрослых птиц в природе. Приплод от трех самок удалось получить только на третий год содержания пойманных птиц. К 2021 г. несколько партий молодых глухарей переданы в Польшу и Литву. Количество основного поголовья на весну 2021 г. составило 10 глухарей.

Методика. В основу данной работы были положены методы полувольного и вольного содержания и воспитания глухарей С.П. и А.С. Кирпичевых, разработанные и апробированные на стационаре в Селижаровском р-не Тверской области (1989-2004, 2016-2021 гг.), в национальном парке «Орловское Полесье» (2005-2008 гг.) и в охотничьем хозяйстве «Селигер» (Тверская обл.) в 2016-2019 гг. (Кирпичёв С., Кирпичев А. 2020; Кирпичев, 2021).

Работа состояла из несколько этапов: комплектование маточного стада и формирование репродуктивных групп, инкубирование яиц и

выращивание птенцов несколькими методами, а также опыты по реинтродукции выращенных глухарей для создания локальных свободноживущих группировок (Кирпичёв, Перовский, 1996; Кирпичев, 2011а,б; 2012, 2014, 2015, 2018).

Для комплектования исходного поголовья глухарей проводился поиск кладок диких глухарок. Яйца инкубировались под ручной глухаркой, в контактном инкубаторе оригинальной конструкции и комплексным методом, включающим начальное насиживание глухаркой и последующую контактную инкубацию. В начале работ птенцов выращивали брудерным методом, в последующем выращивание молодняка проводилось в естественной среде под контролем человека с использованием специфических коммуникативных особенностей и феномена импринтинга. Следующим шагом стало воспитание глухарят с помощью одной, а затем и нескольких ручных самок под контролем человека (С. Кирпичев, 2014, 2015). Опыты по выпуску в естественную среду выращенных птиц в возрасте 3-5 мес. проводились как с самками-матерями, так и без них. Эксперимент по созданию искусственного токовища из взрослых самцов-глухарей осуществлялся на окраине естественного токовища с помощью адаптационных вольерок.

Результаты и обсуждение. Наиболее надежным методом получения полноценных птенцов стала комплексная инкубация (табл. 2). Самые высокие показатели вывода птенцов отмечены из яиц, взятых из гнезд диких глухарок (табл. 3). Сходная ситуация прослеживается и с выживаемостью птенцов. В условиях вольерного содержания она выше у птенцов, полученных из яиц диких глухарок, тогда как у птенцов от самок питомника этот показатель в среднем не превышал 29% (табл. 4). Подобные отличия можно объяснить сложностью обеспечения вольерных глухарок полноценными кормами, ограниченным пространством и недостаточной освещенностью вольер, что отрицательно сказывается на жизнеспособности потомства (Кирпичев, 1998). Птенцы из гнезд диких глухарок более устойчивы к заболеваниям пищеварительного тракта, чем птенцы от вольерных самок.

Для получения птиц, более пригодных для целей реинтродукции, с 1992 г. в течение 7 сезонов были проведены эксперименты по выпасу птенцов человеком-воспитателем в естественной среде. После вывода из яиц птенцы (n=126) в течение 2-3 недель содержались в брудерах специальной конструкции и в вольерах, при этом потери от заболеваний и травм составили 14,3% (n=18). Затем поступившие на выпас после передержки в брудерах птенцы (n=108) в течение 1,5 месяцев выпасались в угодьях, при этом выживаемость до трехмесячного возраста составила в среднем 43% (в отдельные годы

до 80%). Выживаемость птенцов из яиц диких самок была выше, чем у птенцов от вольерных самок. В опыте 2000 г. была сделана попытка выпасать птенцов в угодьях с 2-3 суточного возраста, не применяя искусственную подкормку. Переохлаждение в портативных брудерах из-за технических причин ослабило птенцов; следствием были заболевания (колибактериоз) и 100% отход в течение месяца (n=22).

Таблица 3

Результаты инкубации яиц из кладок диких глухарок

Способ инкубации яиц за период	Заложено яиц, шт.	Яйца с развитием эмбрионов, шт.	Вывелось, гол.	Вывод, %%
Комплексный, 1990-2008 гг.	63	63	60	95,2%
Комплексный, 2017-2021 гг.	34	33	33	100,0%
Контактный, 2017-2021 гг.	24	24	13	54,2%
ИТОГО	121	120	106	88,3%

Таблица 4

Результаты выращивания птенцов глухаря

Методика выращивания птенцов	Вывелось птенцов, гол.	Выращено до 3-х месячного возраста, гол.	Выживаемость, %
вольерная, птенцы из яиц от диких глухарок	60	34	56,7%
вольерная, птенцы из яиц от глухарок из питомника	104	30	28,8%
выпас с человеком, птенцы из яиц от диких глухарок	37	22	59,5%
выпас с человеком, птенцы из яиц от глухарок из питомника	89	32	36,0%
выпас птенцов смешанного происхождения с глухарками	160	84	52,5%
ИТОГО	450	202	44,9%

В последующим были проведены эксперименты по выпасу птенцов (n=160) вместе с ручными глухарками под контролем человека, что позволило не только повысить выживаемость молодняка и получить более здоровых взрослых птиц, но и существенно облегчить процесс их выращивания. Практически все птенцы в этих экспериментах получены из яиц глухарок питомника (кроме одной кладки от дикой самки). Первый опыт был осуществлен в 2003 г. с

ручной глухаркой с выводком, в 2004 г. – с той же ручной глухаркой, которая к своему выводку приняла дополнительный выводок 15-дневных птенцов, выращенных брудерным способом. В дальнейшем под контролем человека три ручные глухарки со сборными выводками выпасали более 20 птенцов. Всего за 6 сезонов было получено 84 полноценных глухаря трехмесячного возраста, пригодных к выпуску в уголья (табл. 5).

Таблица 5

Результаты разведения глухаря обыкновенного в Селижаровском питомнике

Годы работы	1989-1999	2000-2004	2005-2008	2017-2018, 2021	Всего за 23 сезона
снесено яиц в питомнике	415	127	298	10	850
изъято яиц из диких гнезд	42	21	-	58	121
разбито во время кладки	25	10	22	-	57
дефектные яйца	16	6	18	-	40
без развития	79	13	26	3	121
разбито во время насиживания	5	6	16	-	27
кровь-кольцо при инкубации	8	-	3	3	14
замершие и задохлики	89	24	40	8	161
эксперименты, не использовано	50	12	39	-	101
вывелось птенцов из яиц питомника	144	58	134	8	344
вывелось птенцов из диких гнезд	41	19	-	46	106
отход от перозиса	8	2	1	-	11
отход от заболеваний	71	35	34	11	151
отход от хищников во время выпаса	7	6	16	-	29
отход от случайностей	23	3	15	16	57
доведено до 3-х мес. возраста	76	31	68	27	202

В ходе экспериментов 14 взрослых глухарей было выпущено в уголья заказник «Болото Чистик» в Селижаровском р-не Тверской обл., еще 38 глухарей – в национальный парк «Орловское Полесье». Сформированная в течение 4 лет (2005-2008 гг.) небольшая группировка глухарей в этом национальном парке успешно адаптировалась и существует в настоящее время (Кирпичёв, 2015; Кирпичев, 2020).

В заказнике «Болото Чистик» 4 взрослых двухлетних самца после передержки в адаптационных временных вольерах, изготовленных из капроновой дели, сформировали собственные токовые участкисо средней площадью в 1,25 га. Искусственное токовище стали посещали дикие глухары и глухарки, что показывает возможность введения групп реинтродуцентов в естественную популяцию, а значит,

повышает успешность реинтродукции. Формировать такие токовища целесообразно в наиболее подходящих станциях вблизи верховых болот при условии полного исключения браконьерства и излишнего беспокойства птиц (Кирпичёв, Перовский, 1996; Кирпичев, Николаев, 2020).

Заключение. Основные трудности в работе по разведению и реинтродукции глухаря связаны с адаптацией молодняка к природным местообитаниям. Установлено, что формирование необходимых поведенческих качеств и физических кондиций у птиц становится возможным в том случае, если молодняк глухарей воспитывается в естественных угодьях. Вольный выпас глухарят стал возможен лишь после длительного периода наблюдений за реакциями выводков на звуковые сигналы самки и изучения поведения выводков при частичном выпасе в природе. Этот метод дает возможность формирования наиболее жизнеспособного поколения глухарей по сравнению с птицами, выращенными в ограниченных условиях вольерного содержания. Использование ручных глухарок значительно облегчает задачу выпаса молодняка человеком-воспитателем, поскольку функции по обогреву птенцов и пассивной охране от хищников целиком переходят к глухаркам.

Глухари, выращенные в естественной среде по технологии вольного выпаса, обретают не только необходимую физическую форму, но и этологическую связь с угодьями, достаточную для успешной реинтродукции птиц. Один из важных этапов реинтродукции глухарей – организация искусственного токовища. Опираясь на несколько таких токовищ, в дальнейшем предполагается создать метапопуляционную группировку глухарей под контролем человека. Полученные результаты экспериментальных работ могут расширить возможности реинтродукции ценного вида птиц как для целей охотничьего хозяйства, так и для эколого-просветительской деятельности.

Авторы искренне благодарят С.П. Кирпичева, Т.Е. Павлющик и В.А. Шило за предоставленную информацию и консультацию.

Список литературы

- Габузов О.С.* 1984. История, достижения и задачи искусственного разведения глухаря в СССР // Материалы международного совещания по глухарю. М. С. 79-84.
- Кирпичев А.С.* 1998. Влияние освещенности на некоторые аспекты поведения глухарок в вольерах в течение репродуктивного периода. // РГАЗУ – агропромышленному комплексу. М. С. 98-99.

- Кирпичев А.С.* 2020. Реинтродукция глухаря: совершенствование методики, проблемы и перспективы // Орнитологические исследования в странах Северной Евразии. Минск. С. 220-221.
- Кирпичев А.С.* 2021. Будущее глухарей решается сегодня // Охотник. № 4. С. 38-41.
- Кирпичев А.С.* 2021. Опыт создания искусственных популяций глухаря в госохотхозяйстве: успехи и неудачи // Охота и охотничье хозяйство. № 4. С. 8-10.
- Кирпичёв А.С., Перовский М.Д.* 1996. Опыт формирования искусственных токовищ обыкновенного глухаря // Биологические проблемы устойчивого развития природных экосистем. Ч. 1. Воронеж. С. 85-87.
- Кирпичев А., Николаев В.* 2020. Глухарь, как объект демонстрации // Охота и охотничье хозяйство. № 6. С. 12-13.
- Кирпичев С.П.* 1962. Опыт разведения глухарей // Материалы III Всес. орнитол. конф., кн. 2. Львов. С. 18-19.
- Кирпичев С.П.* 2011а. Дикие выводковые птицы: разведение в естественной среде. Ч. 1 // Охота и охотничье хозяйство. № 7. С. 8-13.
- Кирпичев С.П.* 2011б. Дикие выводковые птицы: разведение в естественной среде. Ч. 2 // Охота и охотничье хозяйство. №8. С. 6-9.
- Кирпичев С.П.* 2012. Дикие выводковые птицы: разведение в естественной среде. Техническое обеспечение // Охота и охотничье хозяйство. №5. С. 8-12.
- Кирпичев С.П.* 2014. Дикие выводковые птицы: разведение в естественной среде // Охота и охотничье хозяйство. №5. С. 8-12.
- Кирпичёв С.П.* 2015. Методика выпаса глухарят и открытого содержания птиц // Охота и охотничье хозяйство. № 6. С. 5-8.
- Кирпичев С.П.* 2018. О гибридных формах глухарей каменного и обыкновенного и методике их разведения в естественной среде под контролем человека // Тренды современной динамики численности и экология лесных тетеревиных птиц Евразии. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та. С. 58-67.
- Кирпичёв С.П., Кирпичев А.С.* 2020. Успехи и неудачи разведения глухарей // Охотник. №6. С. 14-17.
- Климова С.Н., Шило В.А., Шило Р.А.* 2018. Разведение некоторых видов птиц в питомнике Новосибирского зоопарка им. Р.А. Шило // Проблемы зоокультуры и экологии. Вып. 2. М.: ООО «КолорВитрум». С. 35-45.
- Крутовская Е.А., Крутовская Е.В.* 1953. Опыт одомашнивания и полувольного разведения глухаря // Преобразование фауны позвоночных нашей страны. М. С. 201-234.
- Ларин С.А.* 1941. Выращивание глухарей и тетеревов в искусственных условиях // Тр. Московского зоотехн. ин-та. т.1. С. 166-181.
- Немцев В.В., Криницкий В.В., Семёнова Е.К.* 1973а. Разведение тетеревиных птиц в вольерах. Сообщение 1 – Комплектование стада производителей глухарей // Тр. Дарвинского гос. заповедника. Вып. XI. Вологда: Северо-западное книж. изд-во. С. 178-212.

- Немцев В.В., Криницкий В.В., Семёнова Е.К.* 1973б. Разведение тетеревиных птиц в вольерах. Сообщение 2 – Выращивание молодняка глухарей // Тр. Дарвинского гос. заповедника. Вып. XI. Вологда. С. 213-248.
- Павлющук Т.Е., Малютина Н.В.* 1987. Содержание и кормление глухарей при разведении в искусственных условиях // Сборник методических рекомендаций по искусственному разведению дичи. М. С. 27-39.
- Павлющук Т.Е.* 2018. Современное состояние и популяционная динамика глухаря и тетерева в Беларуси // Тренды современной динамики численности и экология лесных тетеревиных птиц Евразии. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та. С. 83-111.
- Павлющук Т.Е., Шакун В.В.* 2021. План управления популяцией глухаря в республике Беларусь // Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по биоресурсам». Минск. 24 с.
- Пиминов В.Н., Стрельников Д.П.* 2018. Ресурсы лесных тетеревиных птиц в России и их динамика // Тренды современной динамики численности и экология лесных тетеревиных птиц Евразии. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та. С. 112-115.
- Тютеньков О.Ю., Былинская Ю.П.* 2020. Содержание и разведение обыкновенного глухаря в зоопарках // Актуальные вопросы изучения птиц Сибири. Барнаул: изд-во Алтайского ун-та. С. 122-126.
- Увидеть и сохранить. Экологическое просвещение и познавательный туризм на особо охраняемых природных территориях.* Сост. Н.Н. Буторина. 2015. М.: ЭкоЦентр «Заповедники». 272 с.
- Шило В.А., Климова С.Н.* 2010. Эксперимент по созданию западносибирской резервной популяции дикуши (*Falci pennis falci pennis*) // Вестник Томского государственного университета. Биология. №4 (12). С. 60-67.

**RUSSIAN EXPERIENCE OF CAPERCAILLIE
(*TETRAO UROGALLUS* L.) BREEDING: HISTORY, CURRENT
STATE AND ACHIEVEMENTS AS A RESULT OF THE CHANGES
IN THE METHODS OF FREE KEEPING**

A.S. Kirpichev¹, V.I. Nikolaev²

¹Moscow State Regional University, Mytishchi

²National Park «Valdai», Novgorod region

The results of breeding and reintroduction of Capercaillie (*Tetrao urogallus* L.) in Russia are discussed. Special attention is paid to the issues of egg incubation, nestling survival, methods of raising nestlings in the natural environment, and adaptation of young birds to natural conditions. The possibilities of using Capercaillie for ecological demonstration purposes in national parks are considered.

Keywords: *Capercaillie, breeding, survival, reintroduction, ecological demonstration, Russia.*

Об авторах:

КИРПИЧЕВ Александр Сергеевич – биолог-охотовед, аспирант Московского государственного областного университета, 141014, Московская область, Мытищи, ул. Веры Волошиной, 24; e-mail: arkisok@yandex.ru.

НИКОЛАЕВ Валерий Иванович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ Национальный парк «Валдайский», 175400, Новгородская область, Валдай, ул. Победы, 5; e-mail: nikval.cz@mail.ru.

Кирпичев А.С. Российский опыт разведения обыкновенного глухаря (*Tetrao urogallus* L.): история, современное состояние и результаты развития методов свободного выращивания / А.С. Кирпичев, В.И. Николаев // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 62-71.

УДК 594
DOI: 10.26456/vtbio254

ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ НАТУРАЛИЗАЦИИ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ В ЦЕНТРЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Е.В. Шиков

Тверской государственной университет, Тверь

Проведён анализ фауны наземных моллюсков центральных областей Русской равнины. За период с 2016 по 2020 г в фауне произошли большие изменения: появился новый занесённый из Краснодарского края вид *Helix lucorum* Linnaeus, 1758, Всего за четыре года *Arion vulgaris* Moquin-Tandon, 1855. стал эпекозоидом, а *Krynickillus melanocephalus* Kaleniczenko, 1851, *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758) и *Helix pomatia* Linnaeus, 1758 – агризоидами. Популяции *A. vulgaris*, *K. melanocephalus* и *A. arbustorum* стали настолько многочисленны, что наносят существенный вред сельскохозяйственным культурам. В природных и антропогенных биотопах *K. melanocephalus* и *A. arbustorum* вытесняют *Succinea putris* (Linnaeus, 1758), *Deroceras reticulatum* (O.F. Müller, 1774), *Fruticicola fruticum* (O.F. Müller, 1774), *Euomphalia strigella* (Draparnaud, 1801).

Ключевые слова: моллюски, адвентивные виды, *Helix lucorum*, *Arion vulgaris*, *Krynickillus melanocephalus*.

Введение. Нашествие чужеродных видов в различные регионы континентов стало массовым. Региональные фауны и флоры подвергаются сильному давлению недавних вселенцев из далёких мест. Одновременно продолжается усиление антропогенного давления на природные экосистемы. И всё это происходит при заметном потеплении климата. В результате создаётся угроза выживанию многих аборигенных видов.

По происхождению все адвентивные виды разделяются на две группы: Т – трансконтинентальные, т. е. вселенцы с других континентов; С – континентальные, т. е. переселенцы из Евразии. Последняя группа подразделяется на две подгруппы: RE – переселенцы из Европы; RA – переселенцы из Азии (Głowański Z. et al., 2013; Шиков, 2016).

По времени вселения или времени обнаружения чужеродных видов в фаунах они делятся на три группы: А – архаичные адвенты (ancient, archaic introductions, in substance before 1800), проникшие на исследуемую территорию до XIX века, Н – исторические адвенты (historical introductions, in substance after 1800) - виды, вселившиеся с

начала 19 века до 1990 года, L – новейшие адвенты (recent, contemporary introductions, in substance after 1990) – виды, обнаруженные после 1990 года.

По степени натурализации адвентивные виды разделены на 4 группы. Группа DZ – доместизоиды. Это виды, которые живут в искусственных сооружениях человека: домах, подвалах, овощехранилищах, теплицах и оранжереях. Группа KZ – колонозоиды – виды, популяции которых продолжительное время населяют вторичные биотопы, но не расселяются далее. Группа EZ – эпекозоиды – виды, которые заселили антропогенные биотопы и продолжают расселяться. Группа AZ агриозоиды. Это адвентивные виды, которые прочно вошли в состав природных экосистем.

С практической точки зрения важно правильно оценить вселение адвентивных видов в сельскохозяйственные ландшафты. Некоторые из них не только стали опасными вредителями культурных растений, но и вытесняют аборигенных вредителей. В настоящее время даже не понятно, будут ли новые вредители наносить вред бóльший, чем прежние, или нет. Для определения этого не хватает знаний по биологии новых вселенцев. Важно также отслеживать все изменения, происходящие в распространении видов-вселенцев и их взаимодействия друг с другом и с различными видами аборигенной фауны.

Методика. Материалом для данной работы послужили сборы наземных моллюсков в 2016-2020 г. в различных районах Московской, Псковской и Тверской областей. Всего было произведено более тысячи сборов. Часть сборов намеренно проводилась в тех же биотопах, которые изучались мной с 1963 по 2015 год. Это позволило проследить изменение в наземной малакофауне большого числа экосистем. В 9 биотопах проводились количественные учёты.

Материалы, полученные за исследуемый период, сравнивались с обзорными данными, опубликованными в 2016 году (Шиков, 2016).

По *Krynickillus melanocephalus* Kaleniczenko, 1851, *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 проанализированы 53 сбора Ю.Е. Комарова (г. Алагир, Северная Осетия).

При общем рассмотрении наземной малакофауны центральных областей Русской равнины, архаичные адвенты: *Deroceras reticulatum* (O. F. Müller, 1774), *D. sturanyi* (Simroth, 1894), *Arion fasciatus* (Nilsson, 1822) и *Trochulus hispidus* (Linnaeus, 1758) рассматриваются, как автохтонные. Это обусловлено тем, что в центральных и южных частях Московской и Тверской областей они аборигены, а в северных – адвентивные (Шиков, 1979, 1982, 2016; Shikov, 1984).

Уточняющая терминология

Адвентивная фауна – это гетерогенная по происхождению и гетерохронная по времени проникновения группа видов в составе региональной фауны, сформировавшаяся в результате миграций, благодаря прямому или косвенному воздействию человека. К чужеродным видам относятся виды, которые отсутствуют в природных биотопах или их появление в них достоверно установлено при многолетних исследованиях. Виды, специально разводимые на фермах или в домашних условиях, но не образующие независимые от человека популяции, к адвентивным не относятся. Но виды, живущие в тепличных хозяйствах без поддержки человеком, считаются адвентивными.

Коренные, автохтонные, аборигенные виды (*native species, indigenous, autochthonous species*) – это виды, живущие в пределах своего природного (естественного) ареала. Чужеродные, некоренные, заносные, аллохтонные, адвентивные виды (*alien, non-native species, introduced, non-indigenous, foreign, exotic species*) – это виды, попавшие за пределы своего природного ареала, где они могут образовывать популяции. Случайные чужеродные виды (*casual alien species*) – это виды, попавшие за пределы своего ареала на территории, где они не могут образовывать популяции. К случайным чужеродным видам не относят виды, которые по естественным причинам появляются за пределами природных ареалов, например, птицы на пролёте, заносимые половодьями моллюски и т. п.

Инвазивные виды (*invasive species*) – это чужеродные виды, которые относительно быстро (за несколько десятилетий) расширяют свой ареал или увеличивают спектр биотопов, в которых они обитают.

Интродукция сознательное внесение нового вида в фауну человеком.

Индукция – неконтролируемое, самопроизвольное распространение моллюсков, происходящее в результате изменения человеком ландшафтов или случайных завозов. Случайными завозами следует считать привоз моллюсков в качестве сувениров и привоз их коммерсантами для продажи любителям содержать экзотических животных (Григорьевская и др., 2004; Шиков, 2016).

Результаты. За прошедшие 4 года в наземной малакофауне Центра Русской равнины произошли заметные изменения.

К фауне наземных моллюсков Центра Русской равнины прибавился ещё один вид – *Helix lucorum* Linnaeus, 1758. Ранее его изредка находили в паках Москвы, но не было убедительных доказательств, что *H. lucorum* образовал популяции в новых местах (Шиков, 2016). В 2015 г. *H. lucorum* была завезена из Краснодарского края для промышленного разведения на фермах в Коломенском районе

Московской области. Позднее материал *H. lucorum* с фермы был передан для промышленного разведения в г. Калязин Тверской области. В 2018 г в г. Калязине открылась ферма по разведению этих улиток. В 2016 году *H. lucorum* не был включён в число адвентивных видов, так как разводимые в искусственных условиях моллюски не считаются вошедшими в фауну.

В 2017 г. *H. lucorum* был обнаружен в мелколиственном лесу около фермы по разведению улиток в Коломенском районе. Позднее было отмечено его размножение в этом лесу. На этом основании я включаю его в число видов наземной малакофауны Московской области.

Природный ареал *H. lucorum* охватывает Апеннинский и Балканский полуострова, Малую Азию, Сирию, Иран, горный Крым, Черноморское побережье Кавказа (к северу до Сочи), Колхидскую низменность с окаймляющими её хребтами и восточное Закавказье (Шемаха, Тальш) (Шилейко, 1978). По происхождению *H. lucorum* относится к группе С – вселенец из Евразии. Но для центра Русской равнины *H. lucorum* – происходит с Кавказа, то есть относится к подгруппе RA – вселенец из Азии.

В настоящее время наземная малакофауна в центре Русской равнины насчитывает 98 видов. Из них чужеродных (без 4-х архаичных адвентов) – 27, что составляет 28%. За последние годы число архаичных и исторических адвентов, естественно, измениться не могло. К числу новейших адвентов прибавился только один вид – *H. lucorum*.

Коренные изменения произошли в натурализации чужеродных видов: *Krynickillus melanocephalus* Kaleniczenko, 1851, *Arion lusitanicus* Mabille, 1868, *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758), *Helix pomatia* Linnaeus, 1758. Всего за несколько лет *A. lusitanicus* s. l. стал эпекозоидом, а *K. melanocephalus*, *A. arbustorum* и *H. pomatia* они из эпекозоидов стали агризоидами.

Arion vulgaris Moquin-Tandon, 1855. В России был впервые обнаружен в 2009 г. в промышленных теплицах Твери (Шиков, 2016). Сейчас распространился в Москве, Подмосковье и обнаружен в Северной Осетии-Алании. В настоящее время его численность в теплицах по разведению цветов сильно увеличилась. *A. vulgaris* практически полностью вытеснил ранее массового обитавших в теплицах *Limax maximus* Linnaeus, 1758. В Москве и Московской области *A. lusitanicus* s. l. обитает в парках, садах и продолжает расселяться.

Arianta arbustorum впервые обнаружен в Московской области в 1982 году (Шилейко, 1982). В 2012-2016 годах популяции этого вида были отмечены уже во многих местах Московской и Тверской

области. Небольшие популяции *A. arbustorum* обитали в парках, садах и в небольших антропогенных мелколиственных лесах. Крупные и очень многочисленные популяции *A. arbustorum* обитали на опушках природных сложных ельников вдоль оживлённых трасс, где успешно вытесняли аборигенные виды моллюсков и растений (Шиков, 2012а, 2013, 2016). К настоящему времени *A. arbustorum* уже встречается в Вологодской, Ленинградской, Московской, Новгородской, Псковской, Тверской и Ярославской областях. Во многих местах вид прочно вошёл в фауну природных сероольшаников. На опушках сложных ельников вытесняет *Succinea putris* (Linnaeus, 1758), *Fruticicola fruticum* (O.F. Müller, 1774), *Euomphalia strigella* (Draparnaud, 1801).

Особенно опасным оказалось проникновение *A. arbustorum* на садово-огородные участки. Здесь он стал главным вредителем огородных культур. Плотность популяций *A. arbustorum* в садах может превышать 5 тысяч экз/м². *A. arbustorum* вытесняет *Deroceras reticulatum* (O.F. Müller, 1774). При этом плотность мелких улиток *A. arbustorum* составляет 2-5 тысяч экз/м². Они конкурируют с небольшими аборигенными видами и также быстро их вытесняют.

Krynickillus melanocephalus ранее обитал в парках, на кладбищах, в садах, в смешанных природных и антропогенных лесах по долинам рек (Шиков, 2007, 2012b, 2016). За последние годы этот вид проник и прочно закрепился в природных и антропогенных лесах. Если ранее *K. melanocephalus* лишь изредка встречался в садах и на огородах, то сейчас он стал массовым видом. *K. melanocephalus* всюду вытесняет аборигенного важнейшего вредителя сельского хозяйства *D. reticulatum*. Но замена одного вредителя на другого выгоды аграриям не принесёт. По первым наблюдениям, *K. melanocephalus* вредит культурным растениям не меньше, а возможно даже больше.

K. melanocephalus происходит с Кавказа, Малой Азии и Крыма (Лихарев, Виктор, 1980). На Северном Кавказе он обитает в широколиственных лесах (дуб, ясень, клён), в сероольшаниках и зарослях облепихи по долинам рек, а также в лещинниках и на субальпийских лугах. *K. melanocephalus* встречается как в предгорьях, так и на высоте до 2250 м. н.у.м. Слизень обычен в населённых пунктах, где живёт на газонах, в парках, в заросших травой канавах и на влажных пустырях. В садах и на огородах *K. melanocephalus* заметно вредит сельскохозяйственным растениям. Как вид, происходящий с Кавказа *K. melanocephalus* свободно заселяет оранжереи, и хозяйства по разведению цветов и саженцев деревьев и кустарников. В условиях потепления климата, *K. melanocephalus* гораздо более устойчив к высоким летним температурам, чем вытесняемый им *D. reticulatum*.

Helix pomatia, предположительно, была завезена священниками в монастырские сады ещё в XVIII веке. Использовалась в пищу во время религиозных постов. Впервые отмечена специалистом в 1802 году (Dwigubsky, 1802; Шиков, 2016). Единичные популяции *H. pomatia* сохранялись более 100 лет. В конце XX века началось стремительное распространение *H. pomatia* во многих областях России. Это было обусловлено двумя причинами. Сначала после 1990 года дети активно завозили *H. pomatia* из Центральной и Западной Европы. Затем многократно предпринимались попытки разводить *H. pomatia*. Большинство из них было неудачными, но во всех случаях выброшенные улитки успешно приживались в антропогенных биотопах. В городах они стали обычными в парках и скверах и в садах на приусадебных участках. Заметного вреда нигде не приносят.

В настоящее время *H. pomatia* уже прочно вселилась во многие природные сероольшаники и ивняки по долинам рек и ручьёв, в мелколиственные вторичные леса и в природные широколиственные леса в оврагах. Процесс расселения *H. pomatia* продолжается. Результат взаимодействия этого чужеродного вида с аборигенными пока не известен.

В целом, в центре Русской равнины сложилась следующая картина:

Трансконтинентальные адвенты (Т) – 2 вида: *Lucilla singleyana* (Pilsbry, 1889) и *Zonitoides arboreus* (Say, 1816).

Переселенцы из Европы (RE) – 18 видов: *Arion rufus* (Linnaeus, 1758), *A. vulgaris*, *A. distinctus* Mabilie, 1869, *A. silvaticus* Lohmander, 1937, *Oxychilus alliarius* (Miller, 1822), *O. draparnaudi* (Beck, 1837), *Deroceras invadens* Reise, Hutchinson, Schunack & Schlitt, 2011, *Lehmannia valentiana* (Férussac, 1823), *Limax maximus* Linnaeus, 1758, *Limacus flavus* Linnaeus, 1758, *Bielzia coeruleans* (M. Bielz, 1851), *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758), *Cepaea hortensis* (O.F. Müller, 1774), *C. nemoralis* (Linnaeus, 1758), *C. vindobonensis* (C. Pfeiffer, 1828), *H. pomatia* Linnaeus, 1758, *Cryptomphalus aspersa* (O. F. Müller, 1774), *Helicella candicans* (L. Pfeiffer, 1841).

Переселенцы из Азии (RA) – 7 видов: *Oxychilus translucidus* (Mortillet, 1854), *D. caucasicum*, *K. melanocephalus*, *Boettgerilla pallens* (Simroth, 1912), *Stenomphalia pisiformis* (L. Pfeiffer, 1946), *Harmozica ravergiensis* (Férussac, 1835) *H. lucorum*.

А – архаичные адвенты – 4 вида: *D. reticulatum*, *D. sturanyi*, *A. fasciatus*, *T. hispidus*.

Н – исторические адвенты – 14 видов: *O. draparnaudi*, *O. translucidus*, *Z. arboreus*, *B. pallens*, *L. valentiana*, *L. maximus*, *L. flavus*, *A. rufus*, *A. arbustorum*, *C. hortensis*, *C. nemoralis*, *H. candicans*, *C. vindobonensis*, *H. pomatia*.

Новейшие адвенты (группа L) –13 видов: *L. singleyana*, *O. alliarius*, *D. caucasicum*, *D. invadens*, *K. melanocephalus*, *B. coerulans*, *A. vulgaris*, *A. distinctus*, *A. silvaticus*, *C. aspersa*, *S. pisiformis*, *H. ravergiensis*, *H. lucorum*.

Группы по степени натурализации адвентивные видов:

Доместизоиды (группа DZ) – 7 видов: *Lucilla singleyana*, *Lehmannia valentiana*, *L. flavus*, *D. invadens*, *B. coerulans*, *C. aspersa*, *H. lucorum*.

Колонозоиды (группа KZ) – 16 видов: *O. draparnaudi*, *O. translucidus*, *O. alliarius*, *Z. arboreus*, *D. caucasicum*, *B. pallens*, *L. maximus*, *A. rufus*, *A. vulgaris*, *A. distinctus*, *A. silvaticus*, *C. hortensis*, *C. nemoralis*, *H. candicans*, *S. pisiformis*, *H. ravergiensis*.

Эпекозоиды (группа EZ) – 1 вид: *C. vindobonensis*.

Агризоиды (группа AZ) – 3 вида: *K. melanocephalus*, *A. arbustorum*, *H. pomatia*.

Обсуждение. Изменения в фауне наземных моллюсков огромны. Стремительное расселение чужеродных видов и их проникновение в природные биотопы грозит вымиранием многих видов. И это только начало. Уже сейчас заселяют новые антропогенные биотопы *O. draparnaudi*, *O. translucidus*, *B. pallens*, *A. vulgaris*, *C. hortensis*, *H. ravergiensis*. Не исключено, что они продолжают это расселение и войдут в группу эпекозоидов, а некоторые станут агризоидами.

В работе 2016 года я предположил, что «в ближайшие десятилетия такие доместизоиды как *L. singleyana*, *B. coerulans* и *A. vulgaris* станут колонозоидами», а *K. melanocephalus*, *A. arbustorum*, *C. vindobonensis* и *H. pomatia* могут стать агризоидами [Шиков, 2016]. Действительность оказалась намного хуже этих прогнозов. Всего за четыре года *A. vulgaris* стал эпекозоидом, а *K. melanocephalus*, *A. arbustorum* и *H. pomatia* – агризоидами. Популяции *A. vulgaris*, *K. melanocephalus* и *A. arbustorum* стали настолько многочисленны, что наносят существенный вред сельскохозяйственным культурам. Положение осложняется тем, что биология новых вредителей мало изучена. Особое беспокойство вызывает тот факт, что некоторые инвазивные виды, как например, *K. melanocephalus* и *A. arbustorum* в регионах своего исходного проживания не вызывают кризиса в биоценозах и проявляют себя как умеренные вредители сельского хозяйства. Напротив, проникая в центр Русской равнины, они вытесняют местные виды и становятся опасными вредителями в садах и на огородах.

Заключение. Всё это ставит перед малакологами серьёзные задачи по дальнейшему исследованию адвентивных видов наземных моллюсков и выявлению их естественных врагов и паразитов для

дальнейшего использования их в качестве агентов биологического контроля.

*Выражаю благодарность Ю.Е. Комарову (г. Алагир, Северная Осетия) за присланные мне в дар обширные материалы по Северному Кавказу, А.М. Островскому (Гомель) за присланные материалы из Белоруссии и С.В. Балаеву, организатору и владельцу фермы по разведению улиток рода *Helix* в Коломенском районе Московской области за предоставленную информацию о ферме.*

Список литературы

- Григорьевская А.Я., Стародубцева Е.А., Хлызова Н.Ю., Агафонов В.А.* 2004. Адвентивная флора Воронежской области: Исторический, биогеографический, экологический аспекты. Воронеж, изд. Воронеж. гос. ун-та. 1-320 с.
- Лихарев И.М., Виктор А.И.* 1980. Слизни фауны СССР и сопредельных стран (*Gastropoda terrestria nuda*). Фауна СССР. Моллюски. 3(5). Ленинград, Наука. С. 1-437.
- Шиков Е.В.* 1979. Фауна наземных моллюсков населённых пунктов Валдайской возвышенности и сопредельных территорий // Зоологический журнал. № 58(7). С. 969-976.
- Шиков Е.В.* 1982. Фауна наземных моллюсков природных и антропогенных ландшафтов Валдайской возвышенности и сопредельных территорий // Животный мир центра лесной зоны Европейской части СССР. Калинин, Калининский государственный университет. С. 138-156.
- Шиков Е.В.* 2007. Новые находки наземных моллюсков (*Gastropoda, Pulmonata*) на Русской равнине // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 22(50). С.118-122.
- Шиков Е.В.* 2012а. *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758) (Mollusca, Gastropoda) – агрессивный вселенец на Русскую равнину // Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения: материалы Международной научной конференции, посвящённой 95-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета (г. Тверь, 21-24 ноября 2012 г.). Тверь. Тверской государственный университет. С. 380-381.
- Шиков Е.В.* 2012b. *Krynockillus melanocephalus* Kaleniczenko, 1851 (Mollusca, Gastropoda, Agriolimacidae) на Русской равнине // Животные: экология, биология и охрана. Материалы всероссийской научной конференции с международным участием. Саранск: Изд. Мордовского университета. С. 375-378.
- Шиков Е.В.* 2013. Адвентивные виды наземной малакофауны городов Московской, Новгородской и Тверской областей // Сохранение степных и полупустынных экосистем Евразии: тезисы международной конференции, Алматы, 13-14 марта 2013 г. Алматы, АСБК. С. 143.
- Шиков Е.В.* 2016. Адвентивные виды наземной малакофауны центра Русской равнины // *Ruthenica*. Т. 26. № 3-4. С. 153-164.

- Шилейко А.А.* 1978. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. Фауна СССР. Моллюски. Т. 3. Вып. 6. 384 с.
- Шилейко А.А.* 1982. Наземные моллюски (Mollusca, Gastropoda) Московской области // Почвенные беспозвоночные Московской области. М.: Наука: С. 144-169.
- Dwigubsky J.* 1802. Primitiae Faunae Mosquaensis s. enumeratio animalium que sponte circa Mosquam vivunt. Editio primo, 215 s.
- Głowański Z.* 2013. Gatunki obce w faunie Polski. Publikacja internetowa. <http://www.iop.krakow.pl/gatunkiobce/> (last accessed July 12, 2016).
- Shikov E.V.* 1984. Effects of land use changes on the central portion of the Russian plain // Word-wide snails. Leiden, E. J. Brill. P. 237-248.

CHANGES IN THE DEGREE OF NATURALIZATION OF ADVENTITIOUS SPECIES OF TERRESTRIAL MOLLUSKS IN THE CENTER OF THE RUSSIAN PLAIN

E.V. Schikov

Tver State University, Tver

The analysis of the fauna of terrestrial mollusks of the central regions of the Russian Plain was carried out. Profound changes occurred in the fauna from 2016 to 2020: a new species introduced from the Krasnodar Territory appeared *Helix lucorum* Linnaeus, 1758, in just four years, *Arion lusitanicus* s. l. Mabille, 1868 became an epecozoids, and *Krynickillus melanocephalus* Kaleniczenko, 1851, *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758) and *Helix pomatia* Linnaeus, 1758 - agriozoids. Populations of *A. lusitanicus* s. l., *K. melanocephalus* and *A. arbustorum* have become so numerous that they cause significant damage to crops. In natural and anthropogenic biotopes, *K. melanocephalus* and *A. arbustorum* are superseded by *Succinea putris* (Linnaeus, 1758), *Deroceras reticulatum* (O.F. Müller, 1774), *Fruticicola fruticum* (O.F. Müller, 1774), *Euomphalia strigella* (Draparnaud, 1801).
Keywords: mollusks, адвентивные виды, *Helix lucorum*, *Arion vulgaris*, *Krynickillus melanocephalus*.

Об авторе

ШИКОВ Евгений Викторович – ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: e_v_schik@mail.ru.

Шиков Е.В. Изменения степени натурализации адвентивных видов наземных моллюсков в центре Русской равнины / Е.В. Шиков // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 72-80.

БОТАНИКА

УДК 581.9 (470.5)
DOI: 10.26456/vtbio255

ФЛОРА УРАЛЬСКО-ЗАПАДНОСИБИРСКОГО УЧАСТКА ТРАНССИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ В РАЗЛИЧНЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ БИОМАХ*

**В.К. Тохтарь¹, А.Ю. Курской¹, J. Pergl², В.Н. Зеленкова¹,
М.Ю. Третьяков¹, М.А. Галкина³, Ю.К. Виноградова³**

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

²Институт ботаники Чешской Академии наук, Прага

³Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

Проведена инвентаризация видов растений на уральско-западносибирском участке Транссибирской магистрали между городами Екатеринбург и Тюмень протяженностью 325 км. Исследован растительный покров 9-ти железнодорожных станций и участков железной дороги на перегонах: 5 – на территории Свердловской и 4 – на территории Тюменской областей. Исследуемый участок Транссиба расположен в двух естественных биомах: Таежном Среднесибирском Восточноуральском и Западносибирском южном мелколиственно-лесном. Выявлено 213 видов сосудистых растений: 28 древесных, 104 поликарпических и 81 вид монокарпических травянистых растений. В Таежном Среднесибирском восточноуральском биоме отмечено 153 вида (72%), в то время как в Западносибирском южном мелколиственно-лесном их 149 (70%).

Наиболее высокое сходство значения коэффициента Сьеренсена ($K_s = 59,0\%$) наблюдается между флорами, формирующимися на железнодорожном полотне Таежного Среднесибирского Восточноуральского и железнодорожном откосе Западносибирского южного мелколиственно-лесного биомов. Самое низкое сходство наблюдается между флорами дренажных канав этих биомов (32,0%).

Чужеродными являются 75 видов (35%). К инвазионным отнесено 55 видов, 42 из которых расселяются с запада на восток (европейские виды и виды, успешно натурализовавшиеся в Европе) и 13 видов (азиатского происхождения) расселяются с востока на запад. Десять из отмеченных на уральско-западносибирском участке Транссиба таксонов входят в Топ-100 самых опасных инвазионных видов России.

Ключевые слова: Транссибирская магистраль, естественные биомы, флора, уральско-западносибирский участок, инвазионные виды растений.

* Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19-54-26010

Введение. Одной из наиболее актуальных проблем современной ботаники является проблема предотвращения распространения и инвазии чужеродных видов растений, оказывающих крайне негативное влияние на местные экосистемы (Richardson, Pyšek, 2008; Essl et al., 2018). Влияние неаборигенных организмов на флору, фауну и, в целом, на общество приобретает глобальное значение, поскольку в настоящее время проблемы, связанные с их распространением в мире, могут быть решены лишь на международном уровне (Виноградова и др., 2010; Bellard et al., 2016; Maxwell et al., 2016). Актуальность изучения неаборигенных видов определяется тем, что они являются либо хозяйственно-ценными, либо вредными инвазионными видами, вытесняющими местные аборигенные (Тохтарь, Грошенко, 2008).

Железнодорожные магистрали относятся к особым типам техногенных экотопов, которые не имеют природных аналогов. В этих условиях флора складывается из «осколков» аборигенной флоры и случайно занесенных чужеродных видов (Pyšek, Hulme, 2005; Тохтарь, 1993; Сенатор и др., 2016). Понимание механизмов расселения растений является важнейшим условием для предотвращения и регулирования инвазий (Виноградова и др., 2010; 2020; Тохтарь, Курской, 2019).

Крупнейшая в мире по протяженности Транссибирская магистраль рассматривается нами как уникальный объект для исследования, поскольку она соединяет два континента с различным набором аборигенных видов. Это способствует заносу чужеродных видов в различные местообитания и обмену диаспор растений между изолированными природными территориями. Изучение флоры Транссибирской магистрали дает возможность проследить особенности расселения чужеродных растений в глобальном масштабе (Галкина и др., 2021а, б).

Географическое положение Урала, насыщенность его территорий промышленными предприятиями способствовали развитию железнодорожного транспорта, что привело к формированию развитой системы ж.д. путей, общая протяженность которых составляет 3 554 км (Третьякова, 2010). Железные дороги пересекают Средний Урал как с Запада на Восток, так и с Юга на Север, что делает его привлекательным для изучения миграционных процессов и экологии чужеродных растений.

Уже в XVIII в. началось ботаническое изучение региона, в котором принимали участие такие ученые, как И.Г. Гмелин, П.С. Паллас, И.И. Лепехин, И.П. Фальк, И.И. Георги. Детальнее флору этих территорий стали исследовать во второй половине XIX в., после создания научных обществ: «Общества естествоиспытателей при Казанском университете» (1869 г.) и Уральского общества любителей

естествознания (УОЛЕ) в г. Екатеринбурге (1870 г.) (Третьякова, Куликов, 2013).

Данные о составе чужеродного компонента флоры Свердловской области в конце XIX – начале XX в. представлены в обобщающих сводках по флоре Урала и Приуралья П.Н. Крылова (1878), С.И. Коржинского (1898), А.Я. Гордягина (1900), П.В. Сюзева (1912). Все сведения о распространении чужеродных растений на территории региона, известные в начале XX в., вошли во «Флору Западной Сибири» П.Н. Крылова (1927-1949), а также в основанную на материалах этой работы «Флору Урала» В.С. Говорухина (1937).

Несмотря на длительную историю изучения флоры данного региона, растительность железнодорожных магистралей не являлась объектом научного исследования (Третьякова, 2010). Изучались только отдельные аспекты, касающиеся синантропных видов растений, которые произрастали на железнодорожных магистралях (Третьякова, Мухин, 2006; Третьякова, 2006).

В настоящее время Свердловская железная дорога обеспечивает 11% погрузки от общего количества подобных работ на всех железных дорогах России. Ежедневно на ней проводится погрузка 389,6 тыс. тонн различных грузов (Свердловская железная дорога, 2021).

Целью данного исследования была инвентаризация чужеродных и аборигенных растений флоры уральско-западносибирского участка Транссибирской магистрали и анализ природно-климатических факторов, которые влияют на рост и развитие растений в этих условиях.

Методика. Летом 2021 года изучен уральско-западносибирский участок Транссибирской магистрали между городами Екатеринбург и Тюмень (рис. 2) протяженностью 325 км (3,5% от общей протяженности Транссиба). Геоботанические описания были сделаны как на самих железнодорожных станциях, так и на некотором удалении от них в местах подхода естественных фитоценозов вплотную к железной дороге (рис. 1). Характеристики естественных биомов взяты из Карты биомов России (2018).

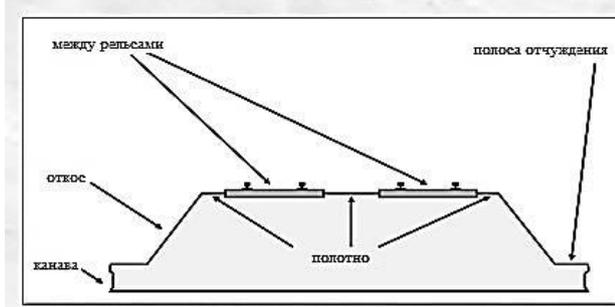


Рис. 1. Схема железнодорожного полотна

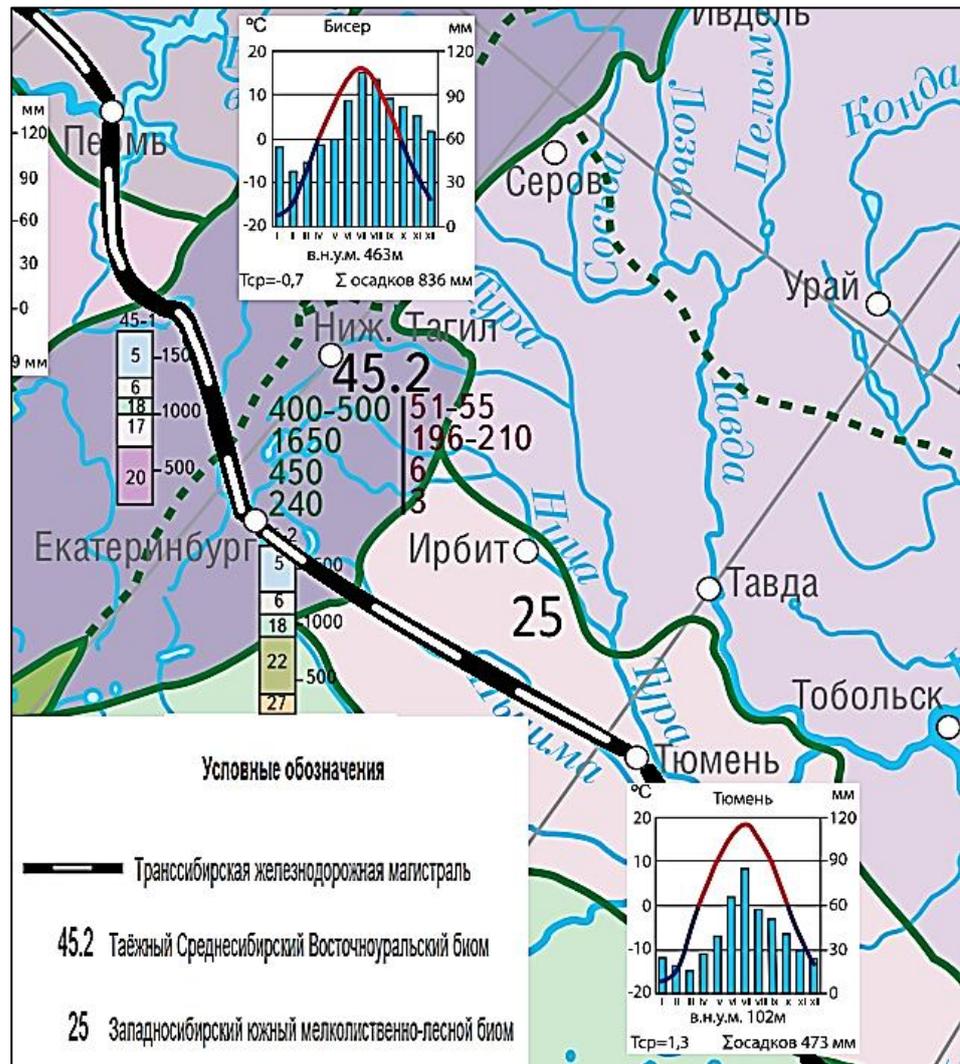


Рис. 2. Фрагмент карты с изученным участком Транссибирской железнодорожной магистрали

В ходе проведенных исследований изучена флора 9 станций: 5 – на территории Свердловской и 4 – на территории Тюменской областей (табл. 1). На каждой станции и на участках в некотором отдалении от станций закладывали несколько пробных площадей размером 100 м² в четырех различных экотопах по поперечному профилю насыпи железных дорог: на рельсах, откосах железнодорожных путей и в полосе отчуждения и дренажных канавах. Всего выполнено 60 геоботанических описаний.

Таблица 1

Перечень исследованных станций на уральско-западносибирском участке Транссибирской магистрали

Название биома	Административный регион, населенный пункт	Железнодорожная станция	Географические координаты
Таежный Среднесибирский Восточноуральский	Свердловская область	Первоуральск	N 56°53'20,8" E 59°58'39,6"
		ВИЗ	N 56°51'30,1" E 60°33'13,4"
		Екатеринбург-пассажирский	N 56°51'33,6" E 60°36'21,4"
		Первомайская	N 56°50'31,9" E 60°37'57,5"
		Шарташ	N 56°49'49,0" E 60°38'45,9"
Западносибирский южный мелколиственно-лесной	Тюменская область	Утяшево	N 57°08'28,1" E 65°21'23,6"
		Тюмень	N 57°08'44,0" E 65°31'19,0"
		2143-й км	N 57°07'25,1" E 65°34'59,0"
		Войновка	N 57°06'06,5" E 65°38'25,0"

Для оценки сходства флор на участках Транссибирской магистрали в разных биомах вычисляли коэффициент Сьеренсена. Отнесение вида к аборигенным или чужеродным растениям проводилось, согласно книги: «Конспект флоры азиатской России» (2012). Инвазионные виды выделены с учетом «Черных списков» Тюменской (Кузьмин, 2012) и Свердловской (Третьякова, Куликов, 2014) областей. Названия видов приведены в соответствии с данными современной систематики, представленными в базе данных «The Plant List».

Согласно районированию Азиатской России (Малышев и др., 2000), изученный участок Транссибирской магистрали относится к Урало-западносибирской бореальной провинции (Конспект..., 2012). Поэтому, виды, отмеченные для данной провинции, нами относятся к аборигенным (за исключением интродуцированных и дичающих видов), а все остальные – к чужеродным.

Результаты и обсуждение. В ходе проведенных исследований на 60 пробных площадях отмечено 213 видов сосудистых растений: 28 древесных, 104 травянистых поликарпика и 81 вид травянистых монокарпиков (однолетники и двулетники) (табл. 2). Впервые для изученных регионов приведено 7 новых видов: *Atriplex*

intracontinentalis Sukhor. (Свердловская и Тюменская обл.), *Centaurea* × *livonica* Weinm. (Тюменская обл.), *Cerasus besseyi* (L.H. Bailey) Lunell (Свердловская обл.), *Chaerophyllum aureum* L. (Свердловская обл.), *Panicum miliaceum* ssp. *runderale* (Kitagawa) Tzvelev (Тюменская обл.), *Senecio dubitalis* C. Jeffrey et G.L. Chen (Свердловская обл.).

Таблица 2

Виды растений, отмеченные в различных экотопах Транссибирской магистрали в пределах двух естественных биомов

Биом	Тажный Среднесибирский Восточноуральский				Западносибирский южный мелколиственно-лесной			
	Ж.-д. полотно	Откос	Полоса отчуждения	Канавы	Ж.-д. полотно	Откос	Полоса отчуждения	Канавы
Экотоп								
Древесные растения								
# <i>Acer negundo</i> *	+	+	+	+	+	+	+	+
# <i>Berberis vulgaris</i>		+						
<i>Betula pendula</i>		+	+	+		+	+	
<i>B. pubescens</i>						+		+
<i>Lonicera tatarica</i>		+						
# <i>Нyppophaë rhamnoides</i>							+	
<i>Caragana frutex</i>			+	+				
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>		+						
<i>Pinus sylvestris</i>		+	+					
# <i>Amelanchier spicata</i> *							+	
# <i>Cerasus besseyi</i>		+						
# <i>Malus baccata</i>		+						
<i>Padus avium</i>		+						
# <i>P. virginiana</i>		+						
<i>Rosa acicularis</i>		+	+		+			
# <i>R. rugosa</i> *		+						
<i>Rubus idaeus</i>							+	
# <i>Sorbus aucuparia</i>			+					
<i>Populus alba</i>			+	+				
<i>P. nigra</i>	+	+				+		
<i>P. suaveolens</i>		+		+	+		+	
<i>P. tremula</i>							+	+
<i>Salix caprea</i>						+	+	
<i>S. cinerea</i>		+					+	+
<i>S. viminalis</i>				+		+	+	+
<i>Solanum dulcamara</i>					+	+	+	
<i>Ulmus laevis</i>	+	+						
# <i>U. pumila</i>					+	+	+	+
Всего древесных растений:	3	16	7	6	5	8	12	6

Поликарпические травы								
<i>Alisma plantago-aquatica</i>								+
# <i>Hemerocallis fulva</i>							+	
<i>Carex nigra</i>							+	
<i>Scirpus sylvaticus</i>								+
<i>Equisetum arvense</i>	+	+	+	+		+	+	+
<i>Juncus compressus</i>								+
<i>Bromopsis inermis</i>	+	+	+				+	+
<i>Calamagrostis epigeios</i>	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Dactylis glomerata</i>			+				+	+
# <i>Elymus sibiricus</i>	+							
<i>Elytrigia repens</i>	+	+		+			+	
<i>Festuca pratensis</i>		+						
<i>F. rubra</i>			+					
# <i>Hordeum jubatum</i> *	+	+			+	+		+
<i>Phleum pratense</i>		+		+			+	+
<i>Phragmites australis</i>		+	+		+	+	+	+
<i>Poa pratensis</i>								+
<i>P. pratensis</i> ssp. <i>angustifolia</i>	+	+	+			+	+	+
# <i>Puccinellia distans</i>					+			+
<i>Typha latifolia</i>								+
<i>Aegopodium podagraria</i>			+					
<i>Pimpinella saxifraga</i>	+	+	+					
<i>Achillea asiatica</i>	+	+				+		
<i>A. millefolium</i>	+	+	+	+	+	+	+	
<i>A. salicifolia</i>							+	+
# <i>Artemisia absinthium</i>	+	+	+	+		+		
<i>A. campestris</i>	+							
# <i>A. dracunculus</i>		+					+	
<i>A. vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Centaurea jacea</i>							+	
<i>C. scabiosa</i>		+	+				+	
# <i>Cichorium intybus</i>		+	+				+	
<i>Cirsium arvense</i>	+	+	+	+		+	+	+
<i>C. oleraceum</i>	+					+		
<i>Hieracium umbellatum</i>		+						
<i>Inula britannica</i>	+	+						+
<i>I. helenium</i>							+	
<i>Lactuca sibirica</i>							+	
# <i>L. tatarica</i>		+		+	+	+	+	
<i>Leontodon autumnalis</i>	+	+	+				+	+
<i>Leucanthemum vulgare</i> ssp. <i>ircutianum</i>							+	
# <i>Mycelis muralis</i>						+		
# <i>Rudbeckia laciniata</i>				+				
<i>Saussurea amara</i>					+			
# <i>Solidago canadensis</i> *		+		+				
# <i>Sonchus arvensis</i>	+	+	+		+	+	+	+
<i>S. palustris</i>						+		+
<i>Tanacetum vulgare</i>	+	+	+	+		+	+	

<i>Taraxacum officinale</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tussilago farfara</i>	+	+	+	+		+	+	+
# <i>Armoracia rusticana</i>			+					
<i>Lepidium latifolium</i>					+			
# <i>Sisymbrium volgense</i>			+					
# <i>Gypsophyla perfoliata</i>		+			+	+	+	
# <i>Saponaria officinalis</i>		+						
<i>Silene nutans</i>		+						
<i>S. pratensis</i>	+					+		
<i>S. vulgaris</i>						+		
<i>Stellaria graminea</i>			+					
# <i>Convolvulus arvensis</i>	+	+	+			+		+
<i>Hylotelephium telephium</i>							+	
<i>Knautia arvensis</i>			+					
<i>Succisa pratensis</i>							+	
<i>Euphorbia virgata</i>							+	
<i>Lathyrus pratensis</i>		+					+	
<i>Lotus corniculatus</i>		+						
<i>Medicago falcata</i>							+	
<i>Trifolium hybridum</i>		+					+	
<i>T. lupinaster</i>							+	
<i>T. medium</i>			+	+			+	+
<i>T. pratense</i>	+	+	+				+	
<i>T. repens</i>		+	+					+
<i>Vicia cracca</i>	+	+	+	+			+	
<i>V. tenuifolia</i>								+
<i>Gentiana pneumonanthe</i>							+	
<i>Geranium pratense</i>			+				+	
<i>Glechoma hederacea</i>						+	+	+
<i>Lycopus europaeus</i>								+
<i>Lythrum salicaria</i>							+	+
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
# <i>Epilobium pseudorubescens</i>	+				+	+	+	+
# <i>Chelidonium majus</i>		+				+	+	
<i>Limonium gmelinii</i>	+	+						
<i>Rumex acetosa</i>			+					
<i>R. acetosella</i>		+					+	
<i>R. confertus</i>		+						
<i>R. crispus</i>			+					
<i>Lysimachia vulgaris</i>							+	
<i>Filipendula ulmaria</i>							+	+
<i>Fragaria viridis</i>	+	+						
<i>Geum aleppicum</i>	+	+	+				+	
<i>Potentilla anserina</i>		+	+	+				
<i>P. argentea</i>	+	+	+					
<i>Rubus saxatilis</i>	+	+						
<i>Sanguisorba officinalis</i>			+				+	+
<i>Sibbaldianthe bifurca</i>	+							
<i>Galium boreale</i>		+						

# <i>G. humifusum</i>		+	+	+				
<i>G. mollugo</i>		+	+					
<i>Linaria vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Veronica teucrium</i>				+			+	+
<i>Urtica dioica</i>	+	+	+	+		+	+	+
<i>U. galeopsifolia</i>							+	
# <i>Valeriana officinalis</i>		+	+	+			+	
Всего поликарпических трав:	35	53	42	23	15	28	55	35
Монокарпические травы								
<i>Alopecurus aequalis</i>								+
# <i>Echinochloa crusgalli</i>								+
# <i>Panicum miliaceum</i> ssp. <i>ruderales</i>					+	+		+
<i>Poa annua</i>							+	
<i>Setaria viridis</i>	+				+	+	+	+
# <i>Triticum aestivum</i>		+				+		
# <i>Amaranthus retroflexus</i> *	+				+	+		
# <i>Anethum graveolens</i>			+				+	
<i>Heracleum sibiricum</i>						+	+	
# <i>H. sosnowskyi</i> *							+	
<i>Pastinaca sativa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Arctium lappa</i>			+			+		
<i>A. tomentosum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
# <i>Artemisia sieversiana</i>	+	+	+		+	+	+	
<i>Bidens tripartita</i>								+
<i>Carduus crispus</i>	+	+				+		+
<i>Cirsium vulgare</i>		+				+	+	
<i>Crepis tectorum</i>		+	+					+
<i>Erigeron acris</i>	+	+	+					
# <i>E. canadensis</i> *	+	+	+		+	+	+	+
# <i>Lactuca serriola</i>	+	+				+	+	+
# <i>Matricaria discoidea</i>	+		+				+	
<i>Picris hieracioides</i>					+			
# <i>Senecio vulgaris</i>	+	+			+			
# <i>Sonchus oleraceus</i>		+				+	+	
<i>Tragopogon dubius</i> ssp. <i>major</i>	+						+	
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	+	+	+				+	+
# <i>Impatiens glandulifera</i> *			+					
# <i>I. parviflora</i> *			+					
# <i>Cynoglossum officinale</i>		+						
# <i>Lappula squarrosa</i>	+				+		+	
<i>Arabis pendula</i>							+	
# <i>Berteroa incana</i>	+	+					+	
# <i>Brassica napus</i>	+					+		+
# <i>B. oleracea</i>		+						
# <i>Bunias orientalis</i>	+	+	+					
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+		+		+	+	+	+

# <i>Erysimum cheiranthoides</i>		+	+					
# <i>Lepidium densiflorum</i>	+	+			+	+	+	
<i>Rorippa palustris</i>								+
# <i>Sisymbrium loeselii</i>	+	+	+			+	+	+
# <i>S. officinale</i>					+		+	
<i>Cannabis sativa</i>							+	
<i>Cerastium fontanum</i>						+		
<i>Silene noctiflora</i>						+		
<i>Stellaria media</i>		+	+					
# <i>Atriplex hortensis</i>						+		
# <i>A. intracontinentalis</i>							+	
# <i>A. patula</i>	+							
# <i>A. sagittata</i>			+				+	
# <i>A. tatarica</i>	+	+			+	+	+	
<i>Chenopodium acerifolium</i>							+	
# <i>Ch. album</i>	+	+	+		+	+	+	+
# <i>Ch. glaucum</i>						+	+	+
# <i>Kochia scoparia</i>	+	+			+	+	+	+
<i>Medicago lupulina</i>							+	+
# <i>Melilotus albus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
# <i>M. officinalis</i>		+	+			+	+	+
# <i>Erodium cicutarium</i>	+	+	+					
# <i>Geranium sibiricum</i>	+	+	+		+	+	+	
<i>Galeopsis bifida</i>			+					
<i>G. speciosa</i>			+					
# <i>Malva pusilla</i>	+							
# <i>Oenothera rubricaulis</i>	+							
# <i>Papaver dubium</i>	+							
# <i>P. somniferum</i>	+							
# <i>Plantago depressa</i>			+					
<i>P. major</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fallopia convolvulus</i>	+					+	+	
<i>Persicaria lapathifolia</i>	+							
<i>Polygonum aviculare</i>	+		+		+	+	+	
<i>Rumex maritimus</i>	+					+	+	
<i>R. pseudonatronatus</i>		+		+			+	
# <i>Portulaca oleracea</i>	+							
<i>Androsace septentrionalis</i>		+						
<i>Potentilla norvegica</i>	+							
<i>P. supina</i>						+		
# <i>P. supina ssp. paradoxa</i>	+		+		+	+	+	+
<i>Rhinanthus angustifolius</i>						+		
<i>Verbascum thapsus</i>		+						
# <i>Lycopersicon esculentum</i>	+							
Всего монокарпических трав:	40	32	29	5	21	35	40	24
Всего сосудистых растений:	78	101	78	34	41	71	107	65

Примечание. # – чужеродные, * – инвазионные виды, входящие в ТОП-100 (Дгебуадзе и др., 2018).

В результате анализа black-lists изученных регионов (Кузьмин, 2012; Третьякова, Куликов, 2014) было отмечено 55 инвазионных видов: 7 древесных, 33 – монокарпических и 15 – поликарпических трав (табл. 2).

Общими для этих регионов являются 17 инвазионных видов: *Acer negundo*, *Amaranthus retroflexus*, *Amelanchier spicata*, *Convolvulus arvensis*, *Epilobium pseudorubescens*, *Erigeron canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Hordeum jubatum*, *Hypochaeris rhamnoides*, *Impatiens glandulifera*, *Lepidium densiflorum*, *Malus baccata*, *Matricaria discoidea*, *Potentilla supina* ssp. *paradoxa*, *Puccinellia distans*, *Sisymbrium volgense*, *Solidago canadensis* (табл. 2).

Только в Свердловской области произрастают 32 инвазионных вида: *Artemisia absinthium*, *A. dracunculoides*, *A. sieversiana*, *Atriplex intracontinentalis*, *A. patula*, *A. sagittata*, *Berberis vulgaris*, *Berberis incana*, *Bunias orientalis*, *Chenopodium album*, *Ch. glaucum*, *Cichorium intybus*, *Cynoglossum officinale*, *Elymus sibiricus*, *Erodium cicutarium*, *Erysimum cheiranthoides*, *Geranium sibiricum*, *Gypsophila perfoliata*, *Impatiens parviflora*, *Kochia scoparia*, *Lactuca serriola*, *L. tatarica*, *Lappula squarrosa*, *Malva pusilla*, *Melilotus albus*, *M. officinalis*, *Plantago depressa*, *Senecio vulgaris*, *Sisymbrium loeselii*, *S. officinale*, *Sonchus arvensis*, *S. oleraceus* (Третьякова, Куликов, 2014). Только в Тюменской области отмечено 6 инвазионных видов: *Chelidonium majus*, *Oenothera rubricaulis*, *Panicum miliaceum* ssp. *ruderales*, *Rosa rugosa*, *Saponaria officinalis*, *Ulmus pumila* (Кузьмин, 2012) (табл. 2).

Уральско-западносибирский участок является тем отрезком Транссибирской магистрали, где «встречаются» инвазионные виды, расселяющиеся с запада на восток, и виды, расселяющиеся с востока на запад. На восток расселяются виды, которые уже стали инвазионными в Европе: *Acer negundo*, *Amaranthus retroflexus*, *Amelanchier spicata*, *Solidago canadensis*, *Erigeron canadensis* и др. (10 видов), а также рудеральные европейские виды: *Atriplex patula*, *Chenopodium glaucum*, *Lactuca tatarica*, *Oenothera rubricaulis*, *Puccinellia distans* и др. (32 вида). Из Азии в Европу по Транссибу «движутся» *Artemisia sieversiana*, *Elymus sibiricus*, *Malus baccata*, *Panicum miliaceum* ssp. *ruderales* и др. (13 видов).

Число видов растений на Транссибирской магистрали в Таежном среднесибирском восточноуральском биогеоценозе снижается в ряду: откосы железной дороги (101 вид) → полоса отчуждения, контактирующая с естественными растительными сообществами и полотно железной дороги (по 78 видов в каждом) → канавы (34 вида). В то же время в Западносибирском южном мелколиственно-лесном биогеоценозе снижение числа видов отмечено в ряду: полоса отчуждения (107

видов) → откосы железной дороги (71 вид) → канавы (65 видов) → полотно железной дороги (41 вид).

В группах древесных видов и поликарпических трав, в обоих изученных биомах преобладают аборигенные виды. В Таежном среднесибирском восточноуральском биоме среди древесных видов их доля составляет от 2,6% (2 вида) на полотне железной дороги, до 14,7% (5 видов) в канавах. В то же время в Западносибирском южном мелколиственно-лесном биоме среди древесных видов доля аборигенных видов составляет от 6,1% (4 вида) в канавах, до 8,4% (6 видов) на откосах железной дороги.

В группе поликарпических трав Таежного среднесибирского восточноуральского биома доля аборигенных видов составляет от 37,2% (29 видов) на полотне железной дороги, до 50,0% (17 видов) в канавах. В этой же группе в Западносибирском южном мелколиственно-лесном биоме доля аборигенных видов составляет от 21,9% (9 видов) на полотне железной дороги, до 46,1% (30 видов) в канавах (табл. 3).

В группе монокарпических трав в обоих изученных биомах преобладают уже чужеродные виды. В Таежном среднесибирском восточноуральском биоме их доля составляет от 19,8% (20 видов) на откосах железной дороги, до 33,3% (26 видов) на полотне железной дороги. В то же время в Западносибирском южном мелколиственно-лесном биоме их доля составляет от 18,5% (12 видов) в канавах, до 34,1% (14 видов) на полотне железной дороги (табл. 3).

Таблица 3

Распределение растений различных биоморфологических групп в различных экотопах железных дорог по поперечному профилю Транссибирской магистрали

Местообитания	Таежный Среднесибирский Восточноуральский биом					
	Древесные виды		Травянистые поликарпики		Травянистые монокарпики	
	А	Ч	А	Ч	А	Ч
Ж.-д. полотно	2	1	29	6	14	26
Откос	10	6	40	13	12	20
Полоса отчуждения	5	2	34	8	12	17
Канавы	5	1	17	6	4	1
Западносибирский южный мелколиственно-лесной биом						
	А	Ч	А	Ч	А	Ч
Ж.-д. полотно	3	2	9	6	7	14
Откос	6	2	19	9	16	19
Полоса отчуждения	8	4	46	9	18	22
Канавы	4	2	30	5	12	12

Примечание. А – аборигенные, Ч – чужеродные (в т.ч. инвазионные) виды.

Только в канавах Таежного среднесибирского восточноуральского биома в группе монокарпических трав преобладают аборигенные виды, доля которых составляет 11,8% (4 вида) (табл. 3).

Установлено, что из 213 видов, зарегистрированных на исследованном участке Транссиба, чужеродные виды составляют 35,2% (75 видов), из них к инвазионным относятся 73,3% (55 видов). Десять из отмеченных на уральско-западносибирском участке Транссиба – входят в Топ-100 самых опасных инвазионных видов России (Дгебуадзе и др., 2018). Четыре из них (*Acer negundo*, *Amaranthus retroflexus*, *Erigeron canadensis*, *Hordeum jubatum*) – зарегистрированы в обоих биомах. Из шести видов, отмеченных только в одном биоме, два (*Amelanchier spicata*, *Heracleum sosnowskyi*) отмечены в западносибирском южном мелколиственно-лесном, а четыре (*Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Rosa rugosa*, *Solidago canadensis*) в Таежном Среднесибирском Восточноуральском биомах.

В Таежном Среднесибирском восточноуральском биоме отмечено 153 вида, в то время как в Западносибирском южном мелколиственно-лесном биоме – 149 видов (табл. 4).

Таблица 4

Природно-климатические и флористические характеристики биома, через которые проходит Транссибирская магистраль

Биом	Таежный Среднесибирский Восточноуральский	Западносибирский южный мелколиственно-лесной
Зарегистрировано на Транссибирской магистрали, всего видов	153	149
из них древесных растений:	20	14
из них поликарпических трав:	73	77
из них монокарпических трав:	60	58
Средняя температура, °С	-0,7	1,3
Среднегодовое количество осадков, мм	836	473
Общее число видов сосудистых растений	1650	1300
Число видов сосудистых растений на 100 км ²	400-500	400-500

Лишь 89 видов встречаются в обоих биомах, причем 34 из них являются чужеродными. Использование коэффициента Сьеренсена

для сравнения флор (табл. 5) показало, что самое высокое сходство ($K_s = 59,0\%$) наблюдается между флорами, формирующимися на железнодорожном полотне Таежного Среднесибирского Восточноуральского и железнодорожном откосе Западносибирского южного мелколиственно-лесного биомов. Это, по-видимому, объясняется тем, что эти биомы граничат между собой, а природно-климатические условия в них отличаются незначительно (табл. 5). Самое низкое сходство наблюдается между флорами дренажных канав этих биомов ($32,0\%$).

Таблица 5

Коэффициенты сходства Сьеренсена для флор различных экотопов Транссибирской магистрали в пределах различных биомов

Тип местообитаний	K_s			
	Ж.-д. полотно-2	Откос-2	Полоса отчуждения-2	Канавы-2
Ж.-д. полотно-1	0,47	0,59	0,49	0,43
Откос-1	0,37	0,49	0,52	0,38
Полоса отчуждения-1	0,35	0,43	0,49	0,42
Канавы-1	0,35	0,38	0,38	0,32

Примечание. K_s – коэффициент Сьеренсена, 1 – Таежный Среднесибирский Восточноуральский, 2 – Западносибирский южный мелколиственно-лесной биомы.

Заключение. Изученный участок Транссибирской магистрали пересекает два естественных биомов, расположенных на территории Свердловской и Тюменской областей. В пределах данной территории выявлено 213 видов сосудистых растений: 27 видов древесных растений, 105 поликарпических и 81 вид монокарпических травянистых растений. Наибольшее число видов произрастает в полосе отчуждения железных дорог, а наименьшее – в дренажных канавах вблизи железной дороги.

В Таежном Среднесибирском Восточноуральском биоме отмечено 153 вида, что всего на четыре вида превышает их число в Западносибирском южном мелколиственно-лесном.

Коэффициент сходства флор различных биомов довольно высокий ($32,0\%-59,0\%$), общими для двух биомов являются 89 видов, 50 из них являются чужеродными.

Наиболее высокое сходство коэффициента Сьеренсена для сравниваемых флор ($K_s = 59,0\%$) наблюдается между флорами, формирующимися на железнодорожном полотне Таежного Среднесибирского Восточноуральского биомов и железнодорожном откосе Западносибирского южного мелколиственно-лесного биомов.

Самое низкое сходство наблюдается между флорами дренажных канав этих биомов (32,0%).

К чужеродным растениям (включая инвазионные) флоры уральско-западносибирского участка Транссибирской магистрали отнесено 75 видов сосудистых растений (35,2%). Наличие интенсивных процессов заноса чужеродных видов подтверждается находками новых для изученных регионов видов: *Atriplex intracontinentalis* Sukhor. (Свердловская и Тюменская обл.), *Centaurea × livonica* Weinm. (Тюменская обл.), *Cerasus besseyi* (L.H. Bailey) Lunell (Свердловская обл.), *Chaerophyllum aureum* L. (Свердловская обл.), *Panicum miliaceum* ssp. *runderale* (Kitagawa) Tzvelev (Тюменская обл.), *Senecio dubitalis* C. Jeffrey et G.L. Chen (Свердловская обл.).

Из 55 инвазионных растений 42 расселяются с запада на восток (европейские виды и виды, успешно натурализовавшиеся в Европе) и 13 видов (азиатского происхождения) расселяются с востока на запад.

Авторы признательны Н.И. Золотухину (Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник имени проф. В.В. Алехина) за ценные замечания по тексту представленной статьи и консультации по принадлежности видов растений к группам по их происхождению.

Список литературы

- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС. 512 с.
- Виноградова Ю.К., Тохтарь В.К., Зеленкова В.Н., Галкина М.А., Курской А.Ю., Третьяков М.Ю., Стогова А.В. 2020. Флора Транссибирской железнодорожной магистрали и ее сопряженность с характеристиками естественных биомов на территории Восточно-Европейской равнины // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. №4 (60). С. 61-82.
- Галкина М.А., Калюжный С.С., Pergl J., Тохтарь В.К., Виноградова Ю.К. 2021а. Флора Транссибирской железнодорожной магистрали и ее сопряженность с характеристиками естественных биомов на территории Байкальской Сибири // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. №1 (61). С. 82-101.
- Галкина М.А., Зеленкова В.Н., Курской А.Ю., Тохтарь В.К., Pergl J., Виноградова Ю.К. 2021б. Флора Уссурийского участка Транссибирской железнодорожной магистрали и ее сопряженность с характеристиками естественных биомов // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. №3 (63). С. 70-91.
- Говорухин В.С. 1937. Флора Урала. Определитель растений, обитающих в горах Урала и его предгорьях от берегов Карского моря до южных пределов лесной зоны. Свердловск: тип. треста «Полиграфкнига». 536 с.

- Гордягин А.Я.* 1900. Материалы для познания почв и растительности Западной Сибири. 1-2 // Тр. О-ва естествоисп. при Имп. Казанск. ун-те. Т. 34. Вып. 3. С. 1-222.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А.* 2018. Самые опасные инвазионные виды России (Топ-100) М.: Товарищество науч. изд. КМК. 688 с.
- Карта «Биомы России»* в серии карт природы для высшей школы 2018. М. 1:7500000. Издание 2-е, переработанное и дополненное / Г.Н. Огуреева, Н.Б. Леонова, Л.Г. Емельянова и др. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF). Электронная версия <https://wwf.ru/what-we-do/bio/biomy-rossii/>
- Конспект флоры азиатской России: Сосудистые растения.* 2012. / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 640 с.
- Крылов П.Н.* 1878. Материал к флоре Пермской губернии. 14 // Тр. О-ва естествоисп. при Имп. Казанск. ун-те. Т.6. Вып. 6. С. 1-110.
- Крылов П.Н.* 1927-1949. Флора Западной Сибири. Томск: Изд-во Томск. отд. Рус. бот. о-ва. Вып. 1-11. С. 3070 с.
- Кузьмин И.В.* 2012. «Черный список» флоры Тюменской области // материалы Всероссийской научно-практической конференции «Х Зырянские чтения». Курган. С. 202-203.
- Малышев Л.И., Байков К.С., Доронькин В.М.* 2000. Флористическое деление Азиатской России на основе количественных признаков // *Krylovia*. Т. 2. № 1. С. 3-16.
- Свердловская железная дорога* <https://svzd.rzd.ru/ru/4757>
- Сюзев П.В.* 1912. Конспект флоры Урала в пределах Пермской губернии // Материалы к познанию фауны и флоры Российской империи. Отд. бот. Вып. 7. С. 1-206.
- Сенатор С.А., Тохтарь В.К., Курской А.Ю.* 2016. Материалы к флоре железных дорог Белгородской области // *Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле.* Вып. 4. С. 50-59.
- Тохтарь В.К.* 1993. Флора железных дорог юго-востока Украины: автореф. дис. ...канд. биол. наук. Киев. 18 с.
- Тохтарь В.К., Грошенко С.А.* 2008. Глобальные инвазии адвентивных видов растений: проблемы и перспективы исследований // *Научн. вед. Белг. гос. ун-та. Сер. Естественные науки.* № 7(47). С. 50-54.
- Тохтарь В.К., Виноградова Ю.К., Курской А.Ю., Зеленкова В.Н., Третьяков М.Ю.* 2020. Флора железнодорожных станций Транссибирской магистрали в пределах Нижегородской области // *Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология.* № 3(59). С. 102-114.
- Тохтарь В.К., Курской А.Ю.* 2019. Инвазионные растения юго-запада Среднерусской возвышенности. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ». 120 с.
- Тохтарь В.К., Курской А.Ю.* 2020. Формирование инвазионного компонента флоры Белгородской области за 170 лет // *Бот. журн.* 105 (9). С. 854-860. doi: 10.31857/S0006813620090094

- Третьякова А.С., Мухин В.А.* 2006. Флора железнодорожных коммуникаций Среднего Урала // Вестник ОГУ. № 4 (54). С. 97-101.
- Третьякова А.С.* 2006. Комплекс антропофитов во флоре железных дорог Среднего Урала // Адвентивная и синантропная флора России и стран ближнего зарубежья: состояние и перспективы: материалы III международной научной конференции. Ижевск. С. 104.
- Третьякова А.С.* 2010. Роль железнодорожных магистралей в формировании синантропной флоры Среднего Урала // Экология. № 2. С. 102-107.
- Третьякова А.С., Куликов П.В.* 2013. Адвентивный компонент флоры Свердловской области: динамика видового состава // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. Вып. 4. С. 184-188.
- Третьякова А.С., Куликов П.В.* 2014. «Черный список» флоры Свердловской области // материалы Всероссийской научно-практической конференции «XII Зырянские чтения». Курган. С. 222-223.
- Урал и Зауралье* <https://transsib.ru/city-ural.htm>.
- Bellard C, Cassey P, Blackburn T.M.* 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biol. Lett.* 12:20150623. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>
- Essl F., Bacher S., Genovesi P., Hulme P.E., Jeschke J.M., Katsanevakis S., Kowarik I., Kühn I., Pyšek P., Rabitsch W., Schindler S., van Kleunen M., Vilà M., Wilson J.R.U., Richardson D.M.* 2018. Which taxa are alien? Criteria, applications, and uncertainties // *Biosc.* Vol. 68. Iss. 7. P. 496-509. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy057>
- Korshinsky S.I.* 1898. Tentamen Florae Rossiae orientalis, id est provinciarum Kazan, Wiatka, Perm, Ufa, Orenburg, Samara partis borealis, atque Simbirsk // Зап. Импер. Акад. наук. Физ.-мат. отд. Сер. 8. Т. 7. Вып. 1. С. 1-566.
- Maxwell S.L., Fuller R.A., Brooks T.M., Watson J.E.M.* 2016. Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers // *Nature.* Vol. 536. Iss. 7615. P. 143-145. <https://doi.org/10.1038/536143a>
- The Plant List.* A working list of all plant species. Интернет-ресурс. URL: <https://www.theplantlist.org> (дата обращения 01.12.2021).
- Pyšek P., Hulme P.E.* 2005. Spatio-temporal dynamics of plant invasions: linking pattern to process // *Ecosc.* Vol. 12. P. 302-315.
- Richardson D.M., Pyšek P.* 2008. Fifty years of invasion ecology – the legacy of Charles Elton // *Divers. Distr.* Vol. 14. Iss. 2. P. 161-168. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00464.x>

FLORA OF THE URAL-WESTSIBERIAN SECTION OF THE TRANS-SIBERIAN RAILWAY IN VARIOUS NATURAL BIOMES

**V.K. Tokhtar¹, A.Yu. Kurskoy¹, J. Pergl², V.N. Zelenkova¹,
M.Yu. Tretyakov¹, M.A. Galkina³, Yu.K. Vinogradova³**

¹Belgorod State National Research University, Belgorod

²Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague

³Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

An inventory of plant species on the 325 km long Ural-West Siberian section of the Trans-Siberian Railway between the cities of Yekaterinburg and Tyumen was carried out. The vegetation cover of nine railway stations and railroad sections on the runs was studied: 5 - on the territory of the Sverdlovsk region and 4 - on the territory of the Tyumen region. The studied Trans-Siberian section is located in two natural biomes: the Taiga Middle Siberian East-Ural and the West Siberian Southern Small-leaved Forest. 213 species of vascular plants have been identified: 28 woody, 104 polycarpic and 81 monocarpic herbaceous plants.

Alien species account for 35,2% (75 species), of which 73,3% (55 species) are invasive. Ten of the taxa noted in the Ural-West Siberian section of the Trans-Siberian section are among the Top 100 most dangerous invasive species of Russia. 153 species were found in the Taiga Middle Siberian Eastern Ural biome, while 149 species were found in the West Siberian Southern shallow-leaved-forest biome.

The highest similarity on the Sjerensen coefficient value ($K_s = 59.0\%$) is observed between the floras formed on the railroad bed of the Taiga Middle Siberian East Urals and the railroad slope of the West Siberian Southern shallow-leaved-forest biome. The lowest similarity is observed between the floras of drainage ditches of these biomes (32.0%).

Alien species are 75 species (35%). Fifty-five species are classified as invasive, 42 of which disperse from west to east (European species and species that have successfully naturalized in Europe) and 13 species (of Asian origin) disperse from east to west. Ten of the taxa noted in the Ural-West Siberian section are among the Top 100 most dangerous invasive species of Russia.

Keywords: *Trans-Siberian Railway, natural biomes, flora, Ural-West Siberian section, invasive plant species.*

Об авторах:

ТОХТАРЬ Валерий Константинович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, директор Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: tokhtar@bsu.edu.ru.

КУРСКОЙ Андрей Юрьевич – заведующий сектором природной флоры Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: kurskoy@bsu.edu.ru.

PERGL Jan – researcher with focus on plant invasions, Department of Invasion Ecology, Institute of Botany, Czech Academy of Sciences, CZ-25243, Průhonice, Czech Republic; e-mail: jan.pergl@ibot.cas.cz.

ЗЕЛЕНКОВА Виктория Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории экспериментальной ботаники Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: zelenkova@bsu.edu.ru.

ТРЕТЬЯКОВ Михаил Юрьевич – кандидат биологических наук, заведующий лаборатории генетики и селекции Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: tretyakovmiy@gmail.com.

ГАЛКИНА Мария Андреевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, ФГБУН Главный Ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: mawa.galkina@gmail.com.

ВИНОГРАДОВА Юлия Константиновна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: gbsad@mail.ru.

Тохтарь В.К. Флора уральско-западносибирского участка Транссибирской железнодорожной магистрали в различных естественных биомах / В.К. Тохтарь, А.Ю. Курской, J. Pergl, В.Н. Зеленкова, М.Ю. Третьяков, М.А. Галкина, Ю.К. Виноградова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 81-99.

УДК 581(571.645)
DOI: 10.26456/vtbio256

РАССЕЛЕНИЕ КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО *ACER NEGUNDO* L. ВДОЛЬ ТРАССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ*

**Ю.К. Виноградова¹, М.А. Галкина¹, О.В. Котенко², В.К. Тохтарь³,
В.Н. Зеленкова³, А.Ю. Курской³**

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

²Амурский филиал Ботанического сада-института Дальневосточного
отделения РАН, Благовещенск

³Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, Белгород

Цель работы – оценка степени расселения агрессивного чужеродного вида клена ясенелистного *Acer negundo* вдоль Транссибирской магистрали и определение основного вектора его инвазии. Инвентаризация «железнодорожной» флоры проводилась на Европейском, Уральско-Западносибирском, Байкальском, Амурском и Уссурийском участках Транссиба в 2020-2021 гг. Заложены площадки размером 100 м² в следующих экотопах: а) на железнодорожном полотне, б) на откосах и с) на подошве железнодорожной насыпи в начале полосы отчуждения. За период исследования геоботанические описания были сделаны на 295 площадках. Клен ясенелистный успешно приспособился к специфическим экологическим условиям железных дорог и расселился по Транссибирской магистрали от Москвы до Владивостока. Ювенильные и молодые виргинильные особи этого вида отмечены более чем на трети описанных площадок. Численность площадок с наличием клена ясенелистного наиболее высока в Европейской части России. С продвижением в сибирские, более континентальные, регионы страны представленность клена на Транссибе снижается, а по мере усиления влияния муссонного климата, вновь возрастает.

На полотне железной дороги произрастают только ювенильные экземпляры клена, и проективное покрытие вида невелико – до 1%. На откосах железной дороги отмечены деревца высотой 0,5–2,5 м, проективное покрытие на европейских участках Транссиба – от 1 до 70%, на сибирских континентальных – 2–5%, на уссурийском участке проективное покрытие вновь повышается до 1–40%. В полосе отчуждения по Транссибирской магистрали участие клена ясенелистного в фитоценозах относительно невелико: проективное

* Исследования выполнены в рамках Государственного задания ГБС РАН № 19-122042600141-3; при поддержке гранта РФФИ № 19-54-26010

покрытие составляет в среднем 1–5%, редко 10%. С высокой долей вероятности можно предположить, что клен ясенелистный появляется на Транссибе не с прилегающих к железной дороге территорий, а в результате «дальнего заноса».

Таким образом, расселение клена ясенелистного по Транссибирской магистрали тесно коррелирует с континентальностью климата: в Европейской России численность и проективное покрытие *Acer negundo* довольно высока, по мере продвижения в более континентальные регионы эти показатели снижаются, а затем по мере усиления влияния муссонного климата, вновь возрастают.

Ключевые слова: клен ясенелистный, Транссибирская магистраль, обилие, проективное покрытие, инвазия, чужеродный вид.

Введение. При изучении «железнодорожной флоры» города Москвы (Виноградова и др., 2017) выявлено множество пунктов произрастания клена ясенелистного вдоль железных дорог разного направления. На некоторых площадках проективное покрытие этого вида доходило до 90%. По-видимому, *Acer negundo* успешно приспособился к довольно «жестким» экологическим условиям железных дорог с щелочной реакцией почвы и различным, но довольно высоким уровнем питательных веществ.

Выявлено восемь основных факторов, определяющих экологические особенности железных дорог: степень освещенности, уровень весенних талых вод, низкий уровень грунтовых вод, pH почвы, содержание CaCO₃, доля почвенных частиц <16 мкм, степень нитрификации и количество доступного K (Schaffers, Sýkora, 2002). На экологические условия влияют также механический состав гравийной смеси на железнодорожных путях. Однако наиболее важными факторами, влияющими на рост растений, являются кислотность почвы и концентрация основных питательных веществ (N, P, Ca, Mg). Помимо этого, железнодорожный транспорт вызывает специфические органические и неорганические загрязнения, в числе которых смазывающие масла и конденсаты жидкостей, перевозимые нефтепродукты, металлические руды, удобрения и различные химические вещества, а также применяющиеся на ж/д гербициды (Wiłkomirski et al., 2012). Тремя наиболее важными видами загрязняющих веществ являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), тяжелые металлы и полихлорированные бифенилы (ПХБ).

Железнодорожный транспорт является одним из основных факторов, влияющих на процесс синантропизации флоры. Одной из основных модификацией ландшафтов, которую привнесли транспортные пути, является фрагментация естественных и полуестественных биотопов (Westermann et al., 2011).

Фрагментированные местообитания имеют более длинный периметр, чем нефрагментированные, и поэтому считаются более уязвимыми для вторжения чужеродных видов (Hansen, Clevenger, 2005). Железнодорожные станции в крупных городах, которые являются основными перевалочными пунктами для товаров, рассматриваются в качестве «горячих точек» расселения синантропных растений (Gilbert, 1989).

Динамические тенденции флоры на железных дорогах проявляются, главным образом, в межрегиональной линейной миграции растений, чьи диаспоры были перевезены с поездами (Tikka et al., 2001; Hansen, Clevenger, 2005). Железнодорожные линии действуют как экологические коридоры, особенно для видов со специфическими требованиями к среде обитания. Флора, которая в течение времени формировалась по железным дорогам, характеризуется повышенным присутствием чужеродных видов и наличием пионерных пород деревьев, которые представлены, в основном, ювенильными образцами, не способными к дальнейшему развитию (Galera et al., 2011). Но главную роль здесь играют терофиты, толерантные к изменчивости среды обитания, механическим повреждениям, экстремальным температурам и химическому загрязнению.

Однако все эти неблагоприятные экологические условия не препятствуют массовому произрастанию *Acer negundo* по железным дорогам Москвы. Следующей задачей стало изучение расселения этого вида на восток страны по линии Москва-Владивосток. Транссибирская железнодорожная магистраль является одним из главных транспортных коридоров России и вектором расселения не только аборигенных, но и (в основном) чужеродных растений (Виноградова, 2021). Особое внимание было уделено клену ясенелистному как одному из немногих чужеродных видов, внесенных в списки опасных инвазионных растений и в Европейской России, и в Сибири, и на Дальнем Востоке (Виноградова и др., 2010, 2021; Эбель и др., 2018).

Цель работы – оценка степени расселения агрессивного чужеродного вида клена ясенелистного *Acer negundo* вдоль Транссибирской магистрали и определение основного вектора его инвазии.

Материалы и методы. Инвентаризация «железнодорожной» флоры проводилась на Европейском, Уральско-Западносибирском, Байкальском, Амурском и Уссурийском участках Транссиба в 2020-2021 гг. (рис. 1). На каждой станции заложены площадки размером 100 м² в следующих экотопах: а) на железнодорожном полотне, б) на откосах и с) на подошве железнодорожной насыпи в начале полосы отчуждения (Виноградова и др., 2020; Галкина и др., 2021a,b). За

период исследования геоботанические описания были сделаны на 295 площадках.



Рис. 1. Изученные участки Транссибирской магистрали

Результаты. Показатели проективного покрытия клена ясенелистного на площадках и средней высоты растений приведены в табл. 1.

Таблица 1
Характеристика *Acer negundo* в различных экотопах по ходу Транссибирской магистрали

	Полотно		Откос		Полоса отчуждения	
	проективное покрытие, %	средняя высота, см	проективное покрытие, %	средняя высота, см	проективное покрытие, %	средняя высота, см
Владимирская область	5/5*		7/6		2/0	
	1	15	1	0,5		
	1	7	1	15		
	1	20	1	10		
	1	30	60	250		
Ярославская область	1	120	30	200		
			10	150		
	4/3		0/0		4/0	
	1	5				
Костромская область	1	10				
	1	7				
	3/1		1/0		4/1	
Нижегородская область	1	20			5	300
	3/0		9/7		6/6	
			1	10	4	150

			1	30	5	100
			1	5	1	130
			70	200	1	20
			1	5	1	20
			5	60	1	50
			1	15		
Кировская область	4/3		9/4		0/0	
	1	10	1	20		
	2	120	5	30		
	1	5	1	30		
			1	20		
Свердловская область	13/9		14/9		8/5	
	1	5	3	100	3	60
	1	40	70	180	2	300
	1	15	1	80	1	10
	1	5	2	70	1	20
	3	15	1	180	5	120
	5	10	2	30		
	1	10	1	50		
	1	10	30	100		
	1	10	12	80		
Тюменская область	5/3		7/3		13/7	
	1	20	2	300	2	200
	2	120	2	40	1	10
	1	20	2	210	1	170
					10	120
					20	500
					5	180
				1	5	
Иркутская область	12/2		16/6		10/5	
	3	220	5	300	1	40
	3	20	4	200	5	200
			3	150	3	210
			2	130	4	200
			3	150	2	90
		2	130			
Республика Бурятия	2/0		5/0		4/1	
					2	100
Амурская область	16/1		27/2		13/0	
	1	20	2	50		
			4	50		
ЕАО и Хабаровский край	5/2		15/5		7/2	
	1	5	1	10	1	100
	0,5	7	1	70	1	50
			15	100		
			2	150		
		0,5	30			
Приморский край	10/4		18/6		14/4	
	2	100	3	30	10	100
	0,5	4	1	50	1	20
	0,5	20	1	200	2	150
	0,5	5	40	250	5	150
			1	50		
		3	80			

Итого по участкам:			
Европейский	19/12	26/17	16/7
Уральско-Западносибирский	18/12	21/12	21/12
Байкальский	14/2	21/6	14/6
Амурский	16/1	27/2	13/0
Уссурийский	15/6	33/11	21/6
ВСЕГО	82/33 (40%)	128/48 (38%)	85/31 (36%)

Примечание. * число описанных площадок/число площадок с *Acer negundo*

Ювенильные и виргинильные экземпляры клена ясенелистного зафиксированы на 40% площадок по полотну железной дороги, на 38% площадок по откосам железной дороги и на 36% площадок в полосе отчуждения. На европейском участке Транссиба клен ясенелистный обнаружен в среднем на половине обследованных площадок, в Свердловской области этот показатель выше – *A. negundo* произрастает более чем на 60% площадок. По мере продвижения далее на восток степень участия клена в «железнодорожной» флоре снижается: в Тюменской области этот вид найден на 52% площадок, в Иркутской области – в среднем на 34% площадок, в Бурятии – на 9%, в Амурской области – на 5% площадок. Однако на Уссурийском участке клен ясенелистный опять увеличивает присутствие на обследованных площадках – он отмечен на 33% площадок. Эта закономерность – снижение доли участия клена ясенелистного на сибирских участках Транссибирской магистрали и увеличение ее в Приморском крае отмечена и на полотне, и на откосах, и в полосе отчуждения железной дороги (рис. 2).



Рис. 2. Количество площадок с присутствием клена ясенелистного, заложенных по ходу Транссибирской магистрали: по вертикали – доля площадок, в %.

Интересно, что, несмотря на проводимую реконструкцию железной дороги и массовое применение гербицидов, семена клена

ясенелистного продолжают прорастать на железнодорожном полотне, и сеянцы 2-3-х летнего возраста высотой до 50 см не так уж редки. Возможно, этот вид уже сформировал генотипы, устойчивые к химическим реагентам. Отдельные деревья высотой более метра, отмеченные на полотне в таблице 1, росли на заброшенных участках железной дороги. Проективное покрытие клена ясенелистного на полотне железной дороги невелико – 0,5-1%.

На откосах проективное покрытие клена ясенелистного заметно выше – на Европейском участке и в Свердловской области описаны площадки с проективным покрытием до 70%! Высота деревьев также увеличивается – встречаются экземпляры до 2,5 метров.

В полосе отчуждения по Транссибирской магистрали клен ясенелистный намеренно не высаживали (в отличие от железных дорог южного направления в Европейской России), поэтому участие этого инвазионного вида в фитоценозах относительно невелико. Проективное покрытие клена ясенелистного в этом биотопе составляет в среднем 1-5%, и только три площадки имели проективное покрытие выше 10%. Это дает возможность с высокой долей вероятности предположить, что клен ясенелистный появляется на Транссибе не с прилегающих к железной дороге территорий, а в результате «дальнего заноса».

Заключение. Клен ясенелистный успешно приспособился к специфическим экологическим условиям железных дорог и расселился по Транссибирской магистрали от Москвы до Владивостока. Ювенильные и молодые виргинильные экземпляры этого вида отмечены более чем на трети описанных площадок. Численность площадок с наличием клена ясенелистного наиболее высока в Европейской части России. С продвижением в сибирские, более континентальные, регионы страны представленность клена на Транссибе снижается, а по мере усиления влияния муссонного климата, вновь возрастает.

На полотне железной дороги произрастают только ювенильные экземпляры клена, и проективное покрытие вида невелико – до 1%. На откосах железной дороги отмечены деревья высотой 0,5-2,5 м, проективное покрытие на европейских участках Транссиба – от 1 до 70%, на сибирских континентальных – 2-5%, на уссурийском участке проективное покрытие вновь повышается до 1-40%. В полосе отчуждения по Транссибирской магистрали участие клена ясенелистного в фитоценозах относительно невелико: проективное покрытие составляет в среднем 1-5%, редко 10%. С высокой долей вероятности можно предположить, что клен ясенелистный появляется на Транссибе не с прилегающих к железной дороге территорий, а в результате «дальнего заноса».

Таким образом, расселение клена ясенелистного по Транссибирской магистрали тесно коррелирует с континентальностью климата: в Европейской России численность и проективное покрытие *Acer negundo* довольно высоко, по мере продвижения в более континентальные регионы эти показатели снижаются, а затем по мере усиления влияния муссонного климата, вновь возрастают.

Список литературы

- Виноградова Ю.К.* 2021. Расселение инвазионных видов растений по Транссибирской магистрали // Матер. VI Междун. науч. конф. «Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов». Кемерово. С. 7-9.
- Виноградова Ю.К., Антонова Л.А., Дарман Г.Ф., Девятова Е.А., Котенко О.В., Кудрявцева Е.П., Лесик Е.В., Марчук Е.А., Николин Е.Г., Прокопенко С.В., Рубцова Т.А., Хорева М.Г., Чернягина О.А., Чубарь Е.А., Шейко В.В., Крестов П.В.* 2021. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного федерального округа. М.: Товарищество науч. изд. КМК. 510 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В.* 2010. Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС. 494 с.
- Виноградова Ю.К., Тохтарь В.К., Зеленкова В.Н., Галкина М.А., Третьяков М.Ю., Курской А.Ю., Стогова А.В.* Флора Транссибирской железнодорожной магистрали и ее сопряженность с характеристиками естественных биомов на территории Восточно-Европейской равнины // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2020. № 4 (60). С. 61-82.
- Виноградова Ю.К., Бочкин В.Д., Майоров С.Р., Теплов К.Ю., Баринов А.В.* 2017. Историческая флора железнодорожного узла московского мегаполиса // Hortus botanicus. Вып. 12. С. 77-106.
- Галкина М.А., Калужный С.С., Pergl J., Тохтарь В.К., Виноградова Ю.К.* Флора Транссибирской железнодорожной магистрали и ее сопряженность с характеристиками естественных биомов на территории Байкальской Сибири // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2021a. № 1 (61). С. 82-101.
- Галкина М.А., Зеленкова В.Н., Курской А.Ю., Тохтарь В.К., Pergl J., Виноградова Ю.К.* Флора Уссурийского участка Транссибирской железнодорожной магистрали и ее сопряженность с характеристиками естественных биомов // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2021b. № 3 (63). С. 70-91.
- Эбель А.Л.* 2016. Черная Книга флоры Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО». 440 с.
- Galera H., Sudnik-Wójcikowska B., Wierzbicka M., Wilkomirski B.* 2011. Encroachment of forest plants into operating and abandoned railway areas in north-eastern Poland // Plant Bios. V. 145. Is. 1. P. 23-36. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2010.522803>.

- Gilbert O.L.* 1989. The ecology of urban habitats. University of Sheffield: Springer. 370 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-0821-5>
- Hansen M.J., Clevenger A.P.* 2005. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors// *Biol. Conserv.* V. 125. Is. 2. P. 249-259. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.03.024>
- Schaffers A.P., Sýkora K.V.* 2002. Synecology of species-rich plant communities on roadside verges in the Netherlands // *Phytocoen.* V. 32. Is.1. P. 29-83.
- Tikka P.M., Högmänder H., Koski P.S.* 2001. Road and railway verges serve as dispersal corridors for grassland plants // *Landscape ecol.* V. 16. P. 659-666. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013120529382>
- Westermann J.R., Lippe von der M., Kowarik I.* 2011. Seed traits, landscape and environmental parameters as predictors of species occurrence in fragmented urban railway habitats // *Basic and Appl. Ecol.* V. 12. P. 29-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2010.11.006>
- Wilkomirski B., Galera H., Sudnik-Wojcikowska B., Staszewski T., Malawska M.* 2012. Railway Tracks – Habitat Conditions, Contamination, Floristic Settlement – A Review // *Environ. and Nat. Res. Res.* V. 2. Is. 1. P. 86-95. <http://doi.org/10.5539/enrr.v2n1p86>

DISPERSAL OF *ACER NEGUNDO* L. ALONG THE TRANS-SIBERIAN RAILWAY

**Yu.K. Vinogradova¹, M.A. Galkina¹, O.V. Kotenko², V.K. Tokhtar³,
V.N. Zelenkova², A.Yu. Kurskoy³**

¹Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

²Amur branch of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the RAS, Blagoveshchensk

³Belgorod State National Research University, Belgorod

The aim of the work is to assess the dispersal of invasive alien species *Acer negundo* along the Trans-Siberian Railway and to determine the main pathway of its invasion.

The inventory of "railway" flora was carried out in the European, Ural-West Siberian, Baikal, Amur and Ussuri sections of the Trans-Siberian railway in 2020-2021. 100 m² plots were laid in the following ecotopes: (a) on the railroad bed, (b) on slopes, and (c) at the bottom of the railroad embankment at the beginning of the right-of-way. During the study period, geobotanical descriptions were made at 295 plots. *Acer negundo* successfully adapted to the specific environmental conditions of railroads and settled along the Trans-Siberian Railway from Moscow to Vladivostok. Juvenile and young virginial individuals were found at more than one third of the described plots. The number of plots with *A. negundo* is the highest in the European part of Russia. As we move to Siberian, more continental regions of the country, the representation of *A. negundo* on the Trans-Siberian Railway

decreases, and as the influence of monsoon climate increases, it increases again.

Only juvenile individuals of *A. negundo* grow on the railroad bed, and covering could of the species is small - up to 1%. Trees 0.5–2.5 m high are found on railroad slopes, covering could on European sections of Transsib is from 1 to 70%, on Siberian continental sections – 2–5%, on Ussuri section covering could increases again to 1–40%. In the right-of-way along the Trans-Siberian Railway covering could of *A. negundo* in phytocenosis is relatively low: on the average 1–5%, rarely 10%. We assumed that *A. negundo* appears on Transsib not from the territories adjacent to the railroad, but as a result of "long-distance".

Thus, dispersal of *A. negundo* along the Trans-Siberian Railway correlates with climate continentality: the abundance and covering could of *A. negundo* are rather high in European Russia; as we move to more continental regions, these indicators decrease, and then increase again as the influence of monsoon climate increases.

Keywords: ash maple, *Acer negundo*, Trans-Siberian railway, abundance, covering could, invasion, alien species.

Об авторах:

ВИНОГРАДОВА Юлия Константиновна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: gbsad@mail.ru.

ГАЛКИНА Мария Андреевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: mawa.galkina@gmail.com.

КОТЕНКО Ольга Викторовна – научный сотрудник, Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, 675000, Благовещенск, 2-й км Игнатьевского шоссе, e-mail: olgagladilina@mail.ru

ТОХТАРЬ Валерий Константинович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, директор Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: tokhtar@bsu.edu.ru.

ЗЕЛЕНКОВА Виктория Николаевна – заведующий сектором культурных и декоративных растений Научно-образовательного

центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: zelenkova@bsu.edu.ru.

КУРСКОЙ Андрей Юрьевич – заведующий сектором природной флоры Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: kurskoy@bsu.edu.ru.

Виноградова Ю.К. Расселение клена ясенелистного *Acer negundo* L. вдоль Транссибирской магистрали / Ю.К. Виноградова, М.А. Галкина, О.В. Котенко, В.К. Тохтарь, В.Н. Зеленкова, А.Ю. Курской// Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 100-110.

УДК 581.5+502.2.08, 343.98
DOI: 10.26456/vtbio257

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНАТОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ*

А.Н. Хох¹, В.Б. Звягинцев²

¹Научно-практический центр Государственного комитета судебных
экспертиз Республики Беларусь, Минск

²Белорусский государственный технологический университет, Минск

В статье рассматривается вопрос о влиянии места произрастания на формирование анатомической структуры годичных слоев древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Получены новые экспериментальные данные и показана значимость отдельных размерных характеристик ранних и поздних трахеид для установления района произрастания. Так, при переходе от северных к центральным и южным районам Беларуси в годичных слоях наблюдается увеличение количества ранних трахеид (в 1,4 раза), площади полости ранних и поздних трахеид (в 1,2 раза), но уменьшение количества поздних трахеид и толщины их клеточных стенок (в 1,1 раза). В целом, анализ варибельности 10-ти исследованных анатомических параметров показал, что территориальные различия определяются в первую очередь 3-мя из них: количество ранних трахеид, площадь полости ранних и площадь полости поздних трахеид. Показано, что сравнительный анализ полученных массивов результатов измерений может использоваться для дифференциации сосняков мшистых. При этом необходимым условием для правильной интерпретации полученных результатов является применение специальных методов математической статистики. Разработан метод классификации исследуемых объектов на основе линейного дискриминантного анализа, проведена оценка информативности переменных в предсказательной модели и качества разработанной процедуры классификации. Коэффициент результативности классификации для тестовой выборки в предложенной модели составил 93,33%

Ключевые слова. *Сосна обыкновенная, анатомические параметры, географическая широта, место произрастания, линейный дискриминантный анализ.*

* Работа выполнена в рамках задания 3.2.01 «Разработка новых подходов к судебно-экспертному исследованию объектов растительного происхождения» по государственной программе научных исследований «Информатика, космос и безопасность», подпрограмма «Научное обеспечение безопасности человека, общества и государства» (№ госрегистрации 20160444).

Введение. В последнее время появляется все больше научных работ, посвященных детальному изучению анатомических параметров годичных слоев (далее – ГС) древесины хвойных. Это связано с тем, что информация, содержащаяся в клеточных структурах, значительно многообразнее, чем информация, заключенная в ГС на макроуровне. Наиболее часто в исследованиях рассматривается структура уже сформировавшихся ГС (Rossi et al., 2003; Muangsong et al., 2020), но существуют также и работы, связанные с изучением самого процесса формирования древесины и его зависимости от внешних условий (Wang et al., 2020; Cogrea-Díaz et al., 2020).

Мы полагаем, что такой подход также позволит расширить возможности дендрохронологического анализа с целью отождествления участка местности, на котором выросли срубленные деревья. На сегодняшний день такая информация практически не используется в судебно-экспертной практике.

Объектом исследования явилась сосна обыкновенная (*P. sylvestris*) – самая распространенная лесообразующая порода Беларуси, а потому наиболее подверженная незаконным рубкам и другим правонарушениям в сфере лесопользования.

С учетом доминирования в республике суходольных сосняков, их высокой продуктивностью, хозяйственной ценностью и лучшим качеством получаемых сортиментов, для отработки подходов диагностики места произрастания на основе анатомических параметров ГС были выбраны сосновые насаждения мшистого типа леса (*Pinetum pleurozium*).

Цель работы – провести дифференциацию сосны обыкновенной разного географического происхождения на основе количественной оценки вариаций отдельных анатомических параметров годичных слоев.

Материал и методика. В работе использован дендрохронологический материал (буровые керны) с 18 временных пробных площадей (далее – ВПП), заложенных во время полевых работ в 2017-2018 гг. на территории южных, северных и центральных регионов Беларуси. Определение состава и структуры сосновых насаждений на них проводилось с использованием общепринятых в геоботанике, лесоводстве и лесной таксации методов (Мелехов, 2004).

Буровые керны отбирались у 15-ти деревьев высших классов Крафта возрастным буром «Haglof» перпендикулярно продольной оси ствола на высоте 1,3 м от поверхности земли (Шиятов и др., 2000).

Краткая лесоводственно-таксационная характеристика объектов исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1

Таксационные показатели древостоев сосны обыкновенной

№№ ВПП	Координаты		ТУМ	Состав	Возраст, лет	Класс бонитета	Полнота	
	Широта	Долгота						
Южные районы	1	51°34'12.0"N	23°38'46.2"E	A2	9С1Б+Д	120	II	0,5
	2	51°55'33.8"N	26°47'43.0"E	A2	10С	90	II	0,7
	3	52°22'51.7"N	26°38'13.1"E	A2	10С	90	II	0,7
	4	52°21'44.4"N	26°38'00.9"E	A2	9С1Б	121	II	0,6
	5	51°52'31.7"N	29°27'30.6"E	A2	10С	140	II	0,6
	6	52°07'13.2"N	30°44'16.5"E	A2	10С+Б	130	II	0,6
Центральные районы	7	53°53'42.2"N	24°27'15.1"E	A2	10Сед.Б	90	II	0,6
	8	53°23'48.0"N	25°06'39.2"E	A2	10Сед.Е,ОС,Б	100	I	0,5
	9	53°09'18.0"N	27°30'02.0"E	B2	10Сед.Б,ОС	100	I	0,7
	10	53°02'03.0"N	28°48'38.0"E	A2	10Сед.Б	120	II	0,7
	11	53°00'30.2"N	53°00'30.2"N	A2	10С	110	II	0,6
	12	53°21'38.6"N	31°08'40.1"E	A2	10С	90	II	0,6
Северные районы	13	55°43'12.8"N	27°00'09.1"E	B2	10С+Е	110	I	0,9
	14	55°48'03.1"N	27°47'43.5"E	A2	10С+Е	130	II	0,6
	15	55°51'51.0"N	28°23'20.0"E	A2	10С+Б	120	II	0,7
	16	55°57'03.0"N	28°38'53.0"E	A2	10С	90	II	0,5
	17	55°51'58.0"N	28°57'24.0"E	A2	10С	90	I	0,5
	18	55°51'08.2"N	29°54'21.1"E	A2	10С	120	II	0,6

Подготовка образцов древесины к измерениям морфолого-анатомических параметров состояла в размягчении буровых кернов путем их вываривания в кипятке в течение 15 мин., получении поперечных срезов толщиной не более 20 мкм с помощью санного микротомы Leica SM2010R с ручным управлением и закреплении полученных препаратов в глицерине.

Препараты срезов анализировались с помощью программы MCview (ЛОМО-Microsystems, РФ) в последних 20 ГС керна; размерные характеристики измерялись в 5 рядах клеток в каждом слое «методом сплошного измерения» с точностью ≤ 2 мкм. Средние показатели получали усреднением результатов измерений по годичным слоям каждого из исследованных деревьев на ВПП. Полученные данные в дальнейшем автоматически преобразовывались в сводную электронную таблицу формата .xlsx. Для разграничения ранних и поздних трахеид применяли «правило Морка», в соответствии с которым поздние трахеиды начинаются с той клетки, у которой радиальная толщина двойной клеточной стенки больше или равна полуширине люмена (Barnett, Jeronimidis, 2009).

Статистическая обработка материалов исследования проводилась с использованием статистических пакетов Microsoft Excel v.10.0, SPSS v.22.0 и The Unscrambler X v.10.4.1 (САМО, США). Применялись следующие методы: одномерная описательная статистика для каждого из исследуемых параметров, однофакторный

дисперсионный анализ ANOVA, линейный дискриминантный анализ (далее – LDA).

Результаты и обсуждение. Перед проведением сравнительного анализа количественных данных определяли вид распределения данных (W-тест Шапиро-Уилка, графический анализ данных). В результате установлено, что для всех исследованных анатомических параметров $p > 0,05$, а потому можно заключить, что анализируемые распределения не отличаются от нормального. Пример гистограммы распределения значений признака и ожидаемой нормальной кривой представлен на рисунке 1.

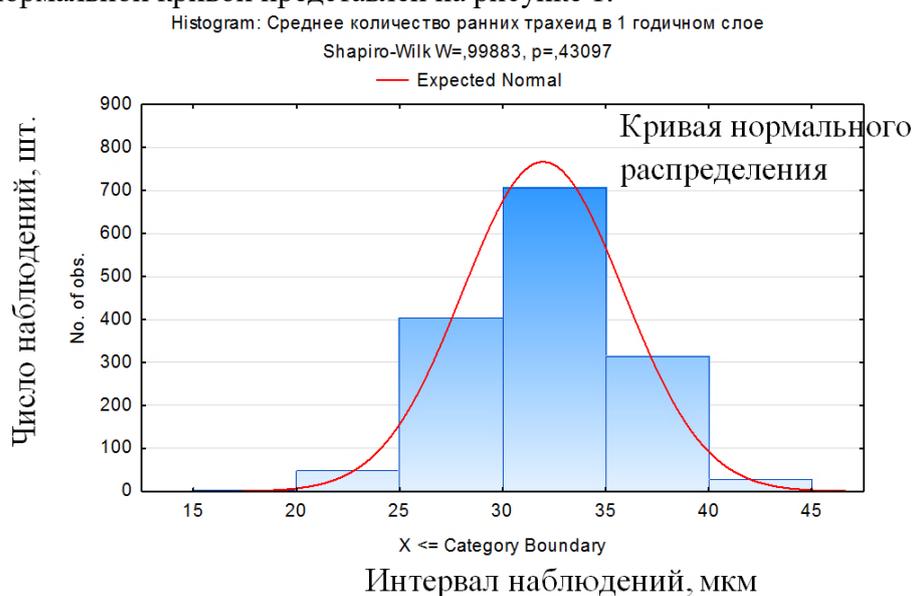


Рис. 1. Гистограмма распределения количества ранних трахеид в годичном слое

Однако для использования параметрического однофакторного дисперсионного анализа ANOVA недостаточно проверки лишь нормальности распределения в группах сравнения. Необходимо выполнение еще одного ограничительного условия – равенства генеральных дисперсий. Для 5 из 10 исследованных параметров p -value критерия Ливиня оказался $> 0,05$, т.е. для данных параметров дисперсии сравниваемых распределений значений статистически достоверно не различаются, что могло бы послужить основанием для сомнения в корректности применения ANOVA, поэтому нами также был рассчитан критерий Брауна-Форсайта. Отметим, что в нашем случае его результаты оказались аналогичны результатам однофакторного дисперсионного анализа.

Полученные нами данные отдельно для каждого из 3-х исследованных районов суммированы в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение значений анатомических параметров годичных слоев сосны обыкновенной в зависимости от места произрастания

Районы	Изменяемый параметр	M	SD	V%	ANOVA Знач. F	p- value	Статистика Ливиня	p- value	Статистика Брауна- Форсайта	p- value
Северные	N PT, шт.	25,1	3,5	14	93,274	,000	7,508	,001	93,094	,000
Центральные		32,8	7,1	22						
Южные		34,8	5,1	15						
Северные	R PT, мкм	32,5	4,7	15	6,150	,002	1,724	,180	6,149	,002
Центральные		33,3	6,3	19						
Южные		35,1	6,0	17						
Северные	W _R PT, мкм	2,0	0,4	18	30,181	,000	5,676	,004	30,256	,000
Центральные		2,0	0,4	20						
Южные		2,4	0,3	11						
Северные	S _{кc} PT, мкм ²	237,4	57,8	24	25,318	,000	14,084	,000	25,317	,000
Центральные		239,7	71,8	30						
Южные		279,4	56,0	20						
Северные	S _п PT, мкм ²	763,7	138,3	18	11,274	,000	3,837	,023	11,273	,000
Центральные		786,7	195,4	25						
Южные		786,1	183,4	23						
Северные	N ПТ, шт.	21,4	2,7	13	1,326	,267	3,822	,023	1,325	,268
Центральные		19,1	2,6	14						
Южные		19,9	4,1	21						
Северные	R ПТ, мкм	21,7	3,9	17	2,360	,096	1,093	,337	2,360	,096
Центральные		19,9	3,9	20						
Южные		19,1	3,8	19						
Северные	W _R ПТ, мкм	4,4	0,7	17	1,782	,170	5,708	,004	1,786	,170
Центральные		4,1	0,7	18						
Южные		4	0,5	14						
Северные	S _{кc} ПТ, мкм ²	319,1	72,1	23	16,849	,000	7,843	,000	16,918	,000
Центральные		297,2	60,5	20						
Южные		348,9	73,1	21						
Северные	S _п ПТ, мкм ²	201,7	59,5	29	31,805	,000	,281	,755	31,824	,000
Центральные		228,4	54,2	24						
Южные		176,8	28,3	16						

Примечание. * жирным шрифтом выделены достоверные различия; N PT – количество ранних трахеид в радиальном ряду годичного слоя; R PT – радиальный размер ранней трахеиды; W_R PT – толщина клеточной стенки ранней трахеиды; S_{кc} PT – площадь клеточной стенки ранней трахеиды; S_п PT – площадь полости ранней трахеиды; N ПТ – количество поздних трахеид в радиальном ряду годичного слоя; R ПТ – радиальный размер поздней трахеиды; W_R ПТ – толщина клеточной стенки поздней трахеиды; S_{кc} ПТ – площадь клеточной стенки поздней трахеиды; S_п ПТ – площадь полости поздней трахеиды; M – среднее значение; SD – среднеквадратичное отклонение параметра, V – коэффициент вариации.

Установлено, что наиболее изменчивыми параметрами являются площадь клеточной стенки ранних трахеид и площадь полости поздних трахеид. Коэффициент вариации для них составил 25 %. В свою очередь, радиальные размеры трахеид наименее подвержены изменениям количественных характеристик (коэффициент вариации составил 16 %).

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что статистически значимые различия были выявлены для следующих

анатомических параметров годичных слоев: количество ранних трахеид (N PT), радиальный размер ранних трахеид (R PT), толщина клеточной стенки ранних трахеиды (W_R PT), площадь клеточной стенки ранних (S_{kc} PT) и поздних (S_{kc} ПТ) трахеид, площадь полости ранних ($S_{п}$ PT) и поздних ($S_{п}$ ПТ); причем для 6 из 7 исследованных параметров уровень значимости составил $p < 0.001$.

В то же время, статистически значимых различий для количества поздних трахеид в радиальном ряду ГС (N ПТ), радиальных размеров поздних трахеид (R ПТ) и толщины клеточной стенки поздних трахеиды (W_R ПТ) в зависимости от географической широты выявлено не было.

Далее структура исследованных морфолого-анатомических параметров была проанализирована с помощью метода линейного дискриминантного анализа (рассматривалось предположение о нормальном разделении признаков объектов). Его основная идея заключалась в построении линейной функции, зависящей от известных параметров каждого из 3-х исследованных районов.

Для построения LDA-модели были сформированы 2 массива данных: обучающий массив включает 240 выборки данных с 10 переменными; тестовый массив состоит из 30 выборок.

На рисунке 2 показаны в координатах первых главных компонент результаты линейного дискриминантного анализа (характер дискриминации) для северных, центральных и южных районов Беларуси.

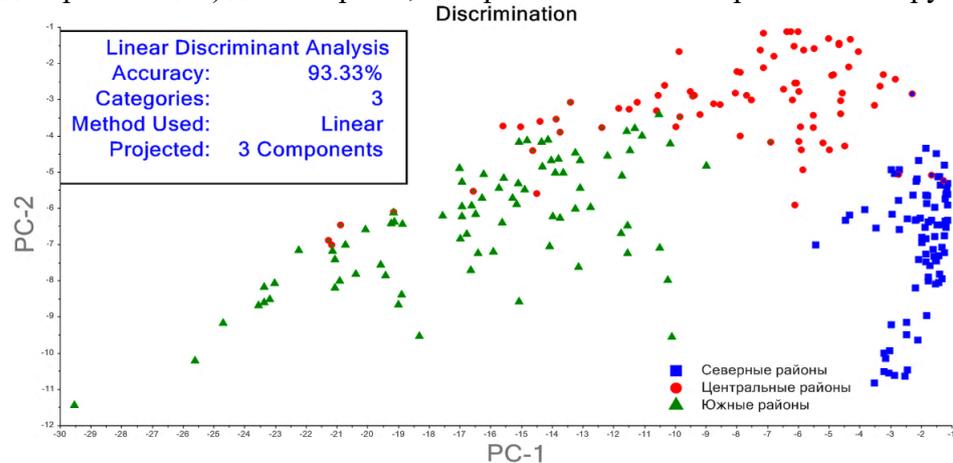


Рис. 2. Двумерное пространство (PC1, PC2) с тремя классами объектов

Для оценки качества классификационной модели рассчитывался процент истинных положительных результатов (далее TP), истинных отрицательных результатов (далее TN), ложных положительных результатов (далее FP) и ложных отрицательных результаты (далее FN) (Хох, Звягинцев, 2020). После чего по

следующей формуле рассчитывался коэффициент правильной классификации по следующей формуле:

$$A = \frac{TP+TN}{TP+EP+FN+TN} \times 100\%,$$

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели оценки качества LDA-модели

	Северные районы	Центральные районы	Южные районы	Итого
Северные районы	80	4	0	84
Центральные районы	0	64	0	64
Южные районы	0	12	80	92
	100	80	100	93,33

Таблица 4

Результаты LDA-классификации

Экзаменационная выборка	Коэффициенты линейных дискриминантов			Результат классификации
	Северные	Центральные районы	Южные	
Северные районы №1	-3,049	-5,176	-9,315	Северные районы
Северные районы №2	-3,243	-5,504	-9,617	Северные районы
Северные районы №3	-2,776	-4,984	-8,792	Северные районы
Северные районы №4	-1,855	-8,123	-20,433	Северные районы
Северные районы №5	-1,329	-5,871	-13,079	Северные районы
Северные районы №6	-1,216	-5,059	-13,614	Северные районы
Северные районы №7	-1,510	-5,735	-12,956	Северные районы
Северные районы №8	-2,788	-5,938	-11,429	Северные районы
Северные районы №9	-2,722	-4,944	-9,631	Северные районы
Северные районы №10	-2,056	-7,985	-18,522	Северные районы
Центральные районы	-5,419	-1,545	-7,282	Центральные районы
Центральные районы	-5,155	-1,602	-6,640	Центральные районы
Центральные районы	-14,005	-4,612	-10,752	Центральные районы
Центральные районы	-10,639	-2,551	-4,913	Центральные районы
Центральные районы	-8,265	-2,687	-9,930	Центральные районы
Центральные районы	-7,892	-2,644	-4,892	Центральные районы
Центральные районы	-4,793	-2,025	-9,353	Центральные районы
Центральные районы	-17,750	-5,352	-3,091	Южные районы
Центральные районы	-16,805	-4,398	-2,451	Южные районы
Центральные районы	-7,953	-1,876	-2,917	Центральные районы
Южные районы №1	-14,872	-4,345	-2,300	Южные районы
Южные районы №2	-11,067	-4,292	-1,906	Южные районы
Южные районы №3	-12,948	-5,449	-1,774	Южные районы
Южные районы №4	-13,762	-6,656	-2,003	Южные районы
Южные районы №5	-14,324	-5,343	-1,179	Южные районы
Южные районы №6	-11,147	-4,161	-1,887	Южные районы
Южные районы №7	-13,841	-4,452	-2,188	Южные районы
Южные районы №8	-20,444	-7,706	-2,276	Южные районы
Южные районы №9	-19,081	-6,726	-1,571	Южные районы
Южные районы №10	-15,274	-6,609	-2,400	Южные районы

Результаты проверки работоспособности модели в экзаменационной выборке показали 100%-ую специфичность, чувствительность и диагностическую ценность разработанной модели в северных и южных районах. В тоже время для центральных районов 20% наблюдений было классифицировано неверно и отнесено в подгруппу северных (5%) и южных (15%). Общий коэффициент корректности отнесения составил 93,33%.

На следующем этапе была проведена процедура валидации, т.е. проверка работоспособности полученной модели. В модель были включены 30 наблюдений (по 10 из каждого района), не вошедших в обучающую выборку. Общий коэффициент корректности отнесения также составил 93,33%. Результаты LDA-классификации экзаменационной выборки представлены в таблице 4.

Как можно видеть из таблицы 4 два образца из центральных районов были классифицированы неправильно и отнесены к южным.

Чтобы оценить относительный вклад отдельных анатомических параметров годичных слоев сосны обыкновенной на распределение исследованных объектов в пространстве и определения наиболее информативных из них был проведен анализ нагрузок на линейные дискриминанты R1, R2 и R3. Результаты приведены на рисунке 3.

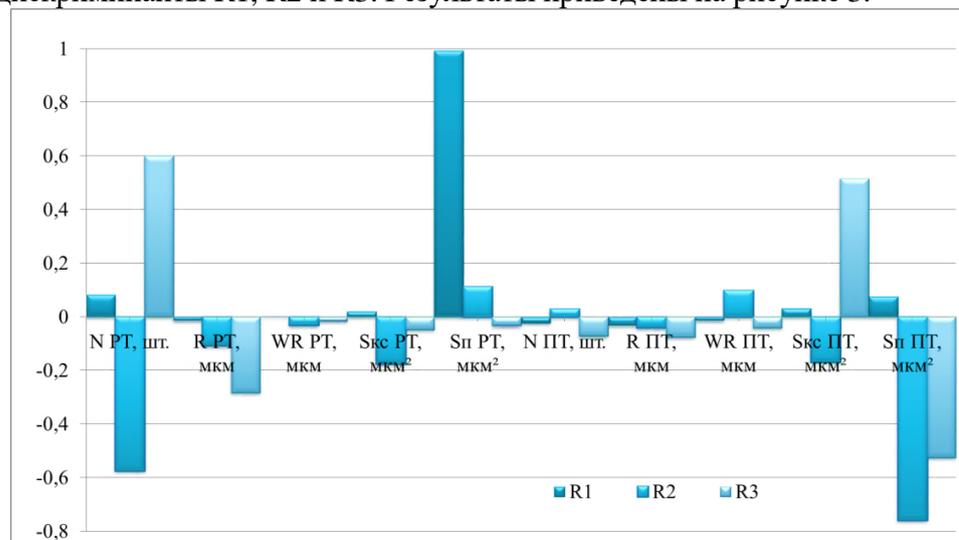


Рис. 3. График нагрузок

Установлено, что разделение ВПП №1-18 на группы обусловлено в первую очередь количеством ранних трахеид (N PT), а также площадью полостей ранних ($S_{п PT}$) и поздних ($S_{п ПТ}$) трахеид; т.е. именно они в большей зависят от географической широты.

Заключение. Таким образом, выполненные экспериментальные исследования позволили выявить устойчивые тенденции изменчивости количества ранних трахеид, радиального размера и толщины клеточной стенки ранних трахеид, а также площади ранних и поздних трахеид и их полостей в зависимости от географической широты. Результаты работы свидетельствуют о том, что сосна обыкновенная из разных районов Беларуси достаточно четко отличается по комплексу анатомических параметров. Наибольший вклад в территориальные различия вносят количество ранних трахеид, а также площади полостей ранних и поздних трахеид. Получены достоверные оценки различий анатомических параметров годовых слоев *P. sylvestris* из трех исследованных районов. Анализ изменчивости анатомических характеристик подтвердил эврибионтность и высокую экологическую пластичность сосны обыкновенной.

Впервые на основе специальных методов математической статистики была проведена дифференциация сосны обыкновенной разного географического происхождения. В результате установлено, что объективную оценку полученным массивам результатов измерений анатомических параметров годовых слоев и достаточно высокую достоверность классификации позволяет дать применение линейного дискриминантного анализа.

Полагаем, что приведенные в работе сведения могут иметь практическое значение для сравнительных исследований древесины сосны в целях ориентировочного определения интересующего участка местности.

Список литературы

- Мелехов И. С. 2004. Лесоведение. М.: МГУЛ. 398 с.
- Хох А. Н., Звягинцев В. Б. 2020 Установление видовой принадлежности древесины хвойных пород с помощью спектроскопии в ближней инфракрасной области // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы: сб. науч. тр. Т. 1. № 47. С. 161-168.
- Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В., Круглов В. Б., Мазена В. С., Наурзбаев М. М., Хантемиров Р. М. 2000. Методы дендрохронологии. Ч.1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие. Красноярск: КрасГУ. 80 с.
- Barnett J., Jeronimidis G. Wood quality and its biological basis. Oxford : Blackwell, 2009. 226 p.
- Correa-Díaz A., Gomez-Guerrero A., Vargas-Hernández J. J., Rozenberg P., Horwath W. R. 2020. Long-term wood micro-density variation in alpine forests at central México and their spatial links with remotely sensed information // Forests. V. 11. №. 4. P. 452.
- Muangsong C., Pumijumpong N., Cai B., Buajan S., Lei G., Wang F., Payomrat P. 2020. Effect of changes in precipitation amounts and moisture sources on inter-

- and intra-annual stable oxygen isotope ratios ($\delta^{18}O$) of teak trees from northern Thailand // *Agricultural and Forest Meteorology*. V. 281. P. 1-12.
- Rossi S., Deslauriers A., Morin H. 2003. Application of the Gompertz equation for the study of xylem cell development // *Dendrochronologia*. V. 21. №1. P. 33-39.
- Wang L., Payette S., Bégin Y. 2020. Relationships between anatomical and densitometric characteristics of black spruce and summer temperature at tree line in northern Quebec // *Canadian Journal of Forest Research*. V. 32. №. 3. P. 477-486.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ANATOMICAL PARAMETERS OF THE ANNUAL LAYERS OF THE SCOTS PINE OF DIFFERENT GEOGRAPHICAL ORIGIN

A.N. Khokh¹, V.B. Zviagintsev²

¹Scientific and Practical Centre of The State Forensic Examination Committee
of The Republic of Belarus, Minsk

²Belarusian State Technological University, Minsk

The article discusses the impact of the habitat on the formation of the anatomical structure of the annual layers of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. New experimental data have been obtained, as well as the significance of individual dimensional characteristics of early and late tracheids for establishing the habitat has been shown. Thus, when moving from northern to central and southern regions, an increase in the number of early tracheids (1,4 times), the cavity area of early and late tracheids (1,2 times), but a decrease in the number of late tracheids and the thickness of their cell walls (1,1 times) are observed in annual rings. In general, the analysis of the variability of 10 studied anatomical parameters has shown that primarily three of them determine territorial differences: the number of early tracheids, the area of the cavity of the early tracheids and the area of the cavity of the late tracheids. It is shown that a comparative analysis of the obtained arrays of measurement results can be used to differentiate mossy pine forests. In this case, a necessary condition for the correct interpretation of the results obtained is the use of special methods of mathematical statistics. A method for classifying the studied objects based on linear discriminant analysis was developed. The information capacity of variables in the predictive model and the quality of the developed classification procedure were assessed. The efficiency coefficient of the classification for the test sample in the proposed model was 93,33%.

Keywords. *Scots pine, anatomical parameters, geographical latitude, place of growth, linear discriminant analysis.*

Об авторах:

ХОХ Анна Николаевна – заведующий лабораторией исследования материалов, веществ и изделий, Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь, 220114, Минск, ул. Филимонова, д. 25; e-mail: 1ann1hoh@gmail.com.

ЗВЯГИНЦЕВ Вячеслав Борисович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой лесозащиты и древесиноведения, Белорусский государственный технологический университет, 220006, Минск, ул. Свердлова, д. 13а; e-mail: mycolog@tut.by.

Хох А.Н. Сравнительная оценка анатомических параметров годичных слоев сосны обыкновенной разного географического происхождения / А.Н. Хох, В.Б. Звягинцев // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 111-121.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

УДК 582.29+502.4(470.331)

DOI: 10.26456/vtbio258

ДОПОЛНЕНИЕ К ЛИХЕНОФЛОРЕ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА *

**А.А. Нотов¹, Д.Е. Гимельбрант^{2,3}, И.С. Степанчикова^{2,3},
В.П. Волков⁴**

¹Тверской государственной университет, Тверь

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

³Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

⁴Центрально-Лесной государственной заповедник, пос. Заповедный,
Тверская область

Впервые для Центрально-Лесной государственной природной биосферной заповедника (ЦЛГПБЗ) приведены 4 вида лишайников, 4 вида близких к лишайникам нелихенизированных грибов и 1 вид миксомицета, паразитирующего на лишайниках. Описаны выявленные местонахождения и местообитания, указаны ближайшие находки в Тверской области. В настоящее время список лишайников и родственных им грибов ЦЛГПБЗ насчитывает 413 видов из 157 родов.

Ключевые слова: лишайники, лихенофильные грибы, лихенофлора, Центрально-Лесной государственной природной биосферной заповедник (ЦЛГПБЗ), Тверская область.

Введение. Одной из актуальных задач лихенологии является изучение лихенофлор, наиболее полно отражающих региональную специфику биомов и биогеографических зон. Особого внимания заслуживают территории заповедников, экосистемы которых имеют эталонное значение (Соколов и др., 1997; Пузаченко, Штефанов, 2007). В пределах подзоны южнотаежных лесов Средней России к их числу принадлежит Центрально-Лесной государственной природной биосферной заповедник (ЦЛГПБЗ). Он приурочен к центральной части Каспийско-Балтийского водораздела (Истомин, 2008; Нотов и др., 2016а, б, 2017). В заповеднике хорошо сохранились типичные компоненты биоразнообразия старовозрастных коренных сообществ южной тайги (Миняев, Конечная, 1976; Нотов и др., 2016а; Зорина и

* Исследования Д.Е. Гимельбранта, И.С. Степанчиковой выполнены в рамках плановой темы БИН РАН «Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира» (№ 121021600184-6).

др., 2018; Желтухин, Шуйская, 2017), что повышает актуальность детального анализа его лишайнофлоры и специальных мониторинговых исследований (Нотов, 2020; Желтухин и др., 2021).

Лишайнофлора ЦЛГПБЗ характеризуются высоким видовым богатством (Нотов и др., 2016а). Сведения о ней регулярно дополняются и существенно расширяют наши представления об уровне разнообразия лишайников и систематически близких к ним нелихенизированных грибов Тверской области и смежных регионов. Только за последние два года в заповеднике обнаружено 13 новых для Тверской области видов (Czernyadjeva et al., 2019; Mark et al., 2019; Чернядьева и др., 2021; Коткова и др., 2022). Из них *Arthrorhaphis aeruginosa* R. Sant. et Tønsberg, *Lichenopeltella ramalinae* Etayo et Diederich и *Taeniolella delicata* M. S. Christ. et D. Hawksw. были впервые приведены для территории Средней России (по: Андреев, 2014), а находка *Lichenopeltella ramalinae* стала первой для Европейской России (Чернядьева и др., 2021; Коткова и др., 2022).

Данная работа продолжает серию публикаций, в которых описаны находки новых для ЦЛГПБЗ видов (Czernyadjeva et al., 2019; Mark et al., 2019; Нотов, 2020; Чернядьева и др., 2021; Коткова и др., 2022).

Методика. Полевые исследования проведены в 2020–2021 гг. Маршрутный метод сочетается с работой на стационарах, которые были организованы на сторожках Межа, Мартиновка, Гороватка, Погорелка, Стуловский Остров (рис. 1). Изучены лесные и болотные массивы в верховьях рек Межи, Тюзьмы, Жукопы и вдоль их притоков – Квашенки, Мартиновки, Ручьевой. Гербарные материалы собраны в кварталах 53, 56–66, 70–79, 86, 87, 91–94 Южного лесничества и в кварталах 2, 8, 15–18, 30–32, 36, 37 Северного лесничества. Особое внимание уделено изучению старовозрастных коренных лесов, связанных с реками и ручьями, крупными болотными комплексами.

Продолжено специальное исследование редких лишайников и систематически близких к ним лишайнофильных и сапротрофных нелихенизированных грибов (Нотов и др., 2016а; Нотов, 2020). Для обеспечения дальнейших мониторинговых наблюдений произведено картирование местонахождений и пунктов сбора материалов. Для каждого пункта (точки) с помощью навигатора Garmin GPSmap 60CSx определены географические координаты. Новые сведения включены в электронную базу данных, отражающую особенности распространения редких и индикаторных видов в ЦЛГПБЗ. Материалы базы соотнесены с картами ГИС-системы «Заповедник» (Нотов и др., 2016а; Нотов, 2020). В настоящее время в базе содержится информация более чем о 2,5 тысячах опорных точек и местонахождений.

Более детально изучено распространение и экология видов, являющихся индикаторами биологически ценных лесов (БЦЛ) (Нотов, 2020). Используются методики, разработанные для Северо-Запада Европейской России (Гимельбрант, Кузнецова, 2009).

Результаты и обсуждение. Проведенные полевые исследования и обработка ранее собранных материалов позволили выявить новые для лихенофлоры ЦЛГПБЗ виды лишайников и близких к ним нелихенизированных грибов, а также один вид миксомицета, паразитирующего на лишайниках. Гербарные образцы хранятся в TVBG, дублиеты переданы в LE. Номенклатура в целом соответствует постоянно обновляемой сводке лишайников и лихенофильных грибов Фенноскандии (Westberg et al., 2021). Названия видов расположены в алфавитном порядке. Местонахождения отмечены на рис. 1. Приведены сведения о распространении видов в Тверской области.

Arthopyrenia analepta (Ach.) A. Massal.: ЦЛГПБЗ, Нелидовский р-н, 56°30'59.5" с.ш., 32°52'21.0" в.д., 239 м н. у. м., точка 980, кв. 60 Южного лесничества, старовозрастный смешанный лес с вязом, кленом, липой, осинкой, елью и серой ольхой на правом берегу реки Мартиновка, на коре липы, вместе с *Arthonia radiata* (Pers.) Ach., 17 X 2020, А.А. Нотов (далее А.Н.), опр. Д.Е. Гимельбрант (далее Д.Г.).

Вид был отмечен ранее в Жарковском районе (Чернядьева и др., 2020).

Bibbya vermifera (Nyl.) Kistenich et al. [*Bacidia vermifera* (Nyl.) Th. Fr.]: ЦЛГПБЗ, на границе Андреапольского и Нелидовского районов, 56°28'23.5" с.ш., 32°51'57.1" в.д., 240 м н. у. м., точка 288, кв. 36 Северного лесничества, ельник с березой на левом берегу реки Жукопа, на коре старой березы, 2 X 2021, А.Н., опр. Д.Г.

Редкий вид. Был известен из единственного местонахождения в Торжокском районе (Нотов и др., 2011).

Chaenothecopsis viridialba (Kremp.) A. F. W. Schmidt: ЦЛГПБЗ, Нелидовский р-н, 56°28'38.9" с.ш., 32°50'27.9" в.д., 255 м н. у. м., точка 671, кв. 71 Южного лесничества, старовозрастный страусниковый ельник с липой и кленом, на коре старой ели, вместе с *C. consociata* (Nádv.) A. F. W. Schmidt, *Cliostomum leprosum* (Räsänen) Hoilien et Tønsberg, *Felipes leucopellaeus* (Ach.) Frisch et G. Thor, *Lecanactis abietina* (Ach.) Körb., 6 VIII 2021, А.Н., опр. И.С. Степанчикова.

Сапротрофный нелихенизированный гриб. Встречается в Национальном парке «Государственный комплекс «Завидово» (Нотов и др., 2011). Специализированный вид, строго приуроченный к старовозрастным еловым и смешанным лесам поздних стадий сукцессий (Гимельбрант, Кузнецова, 2009).

Heterocephalacria physciacearum (Diederich) Millanes et Wedin [*Syzygospora physciacearum* Diederich]: ЦЛГПБЗ, Андреапольский р-н, 56°28'23.5" с.ш., 32°51'58.0" в.д., 228 м н. у. м., точка 281, сторожка Стуловский Остров, посадки яблонь, на талломах *Physcia alnophila* (Vain.) Loht. et al., растущих на коре ветвей яблони вместе с *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr., *Catinaria atropurpurea* (Schaer.) Th. Fr., *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav., *Lecania naegelii* (Hepp) Diederich et van den Boom, *Melanohalea olivacea* (L.) O. Blanco et al., *Physcia adscendens* H. Oliver, *P. tenella* (Scop.) DC., 2 X 2021, А.Н., опр. Д.Г.

Лишенофильный гриб. Указан ранее для Национального парка «Государственный комплекс «Завидово» (Нотов, Гимельбрант, 2017).

Licea parasitica (Zukal) G. W. Martin: 1) ЦЛГПБЗ, Нелидовский р-н, 56°31'01.6" с.ш., 32°54'24.6" в.д., 239 м н. у. м., точка 958, кв. 62 Южного лесничества, старовозрастный страусниковый вязовник с елью, серой ольхой и осинкой на левом берегу ручья, впадающего в реку Тюзьма, на талломах лишайников, растущих на коре рябины вместе с *Bacidia arceutina* (Ach.) Arnold, *Biatora ocelliformis* (Nyl.) Arnold, *Lecania cyrtella* (Ach.) Th. Fr., *Lepora amara* (Ach.) Hafellner, *Pertusaria alpina* Hepp ex Ahles, *Phlyctis argena* (Ach.) Flot, 16 X 2020, А.Н., опр. Д.Г.; 2) Андреапольский р-н, 56°34'27.4" с.ш., 32°55'14.5" в.д., 246 м н. у. м., точка 450, кв. 18 Северного лесничества, старовозрастный страусниковый вязовник с елью и серой ольхой, на талломах *Melanelixia glabrata* (Lamy) Sandler et Arup, растущих на коре старой сломанной серой ольхи вместе с *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal., 4 VI 2021, А.Н., опр. Д.Г.

Ранее это миксомицет, паразитирующий на лишайниках, отмечали в Ботаническом саду ТвГУ (Матвеев и др., 2018).

Lichenostigma maureri Hafellner: ЦЛГПБЗ, Нелидовский р-н, 56°27'44.8" с.ш., 32°55'42.0" в.д., 277 м н. у. м., точка 123, кв. 91/92 Южного лесничества, сфагновый сосняк с березой и елью, на талломе *Bryoria capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw., растущем на коре березы, вместе с *Platismatia glauca* (L.) W. L. Culb. et C. F. Culb., на талломе которой паразитирует *Abrothallus cetrariae* Kotte [отмечена анаморфа *Voouauiomyces santessonii* D. Hawksw.], 13 XI 2020, А.Н., опр. Д.Г.

Лишенофильный гриб, который отмечали в Жарковском районе и в Национальном парке «Государственный комплекс «Завидово» (Нотов, 2019; Notov et al., 2019).

Melanelixia subaurifera (Nyl.) O. Blanco et al.: ЦЛГПБЗ, Андреапольский р-н, 56°28'23.5" с.ш., 32°51'58.0" в.д., 228 м н. у. м., точка 281, сторожка Стуловский Остров, старые яблони, на коре ветвей яблони вместе с *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid., *Buellia disciformis* (Fr.) Mudd, *Caloplaca cerina*, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Lecania naegelii*, *Lecanora carpinea* (L.) Vain., *L. chlarotera* Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Physcia alnophila*, *P. tenella*, 2 X 2021, А.Н., опр. Д.Г.

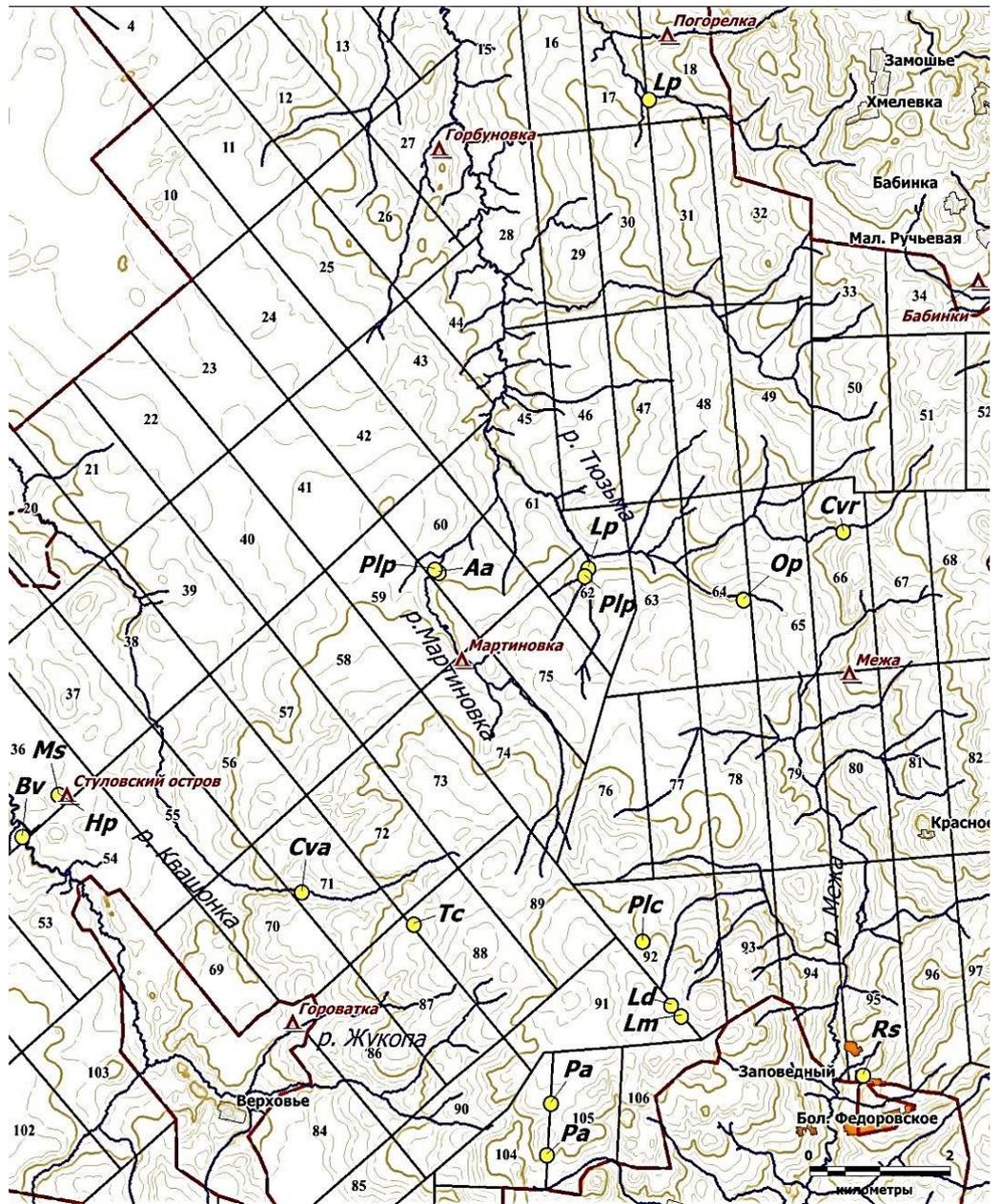


Рис. 1. Местонахождения новых и редких для ЦЛГПБЗ видов лишайников и систематически близких к ним нелихенизированных грибов:
Aa – *Arthopyrenia analepta*; *Bv* – *Bibbya vermifera*; *Cva* – *Chaenothecopsis viridialba*;
Cvr – *Chaenothecopsis viridireagens*; *Hp* – *Heterocephalacria physciacearum*;
Ld – *Lopadium disciforme*; *Lm* – *Lichenostigma maureri*; *Lp* – *Licea parasitica*;
Ms – *Melanelixia subaurifera*; *Op* – *Ochrolechia pallescens*; *Pa* – *Phlyctis agelaea*;
Plc – *Plectocarpon lichenum*; *Plp* – *Pertusaria leioplaca*; *Rs* – *Ramalina sinensis*;
Tc – *Tremella cladoniae*

Вид указан для Конаковского, Торжокского и Удомельского районов (Нотов и др., 2011).

Pertusaria leioplaca DC.: 1) ЦЛГПБЗ, Нелидовский р-н, 56°30'58.0" с.ш., 32°54'21.7" в.д., 247 м н. у. м., точка 964, кв. 62 Южного лесничества, старовозрастное страусниковое сообщество с елью, вязом, кленом и осиной на левом берегу ручья, впадающего в реку Тюзьма, на коре клена вместе с *Bacidia arceutina*, *Biatora ocelliformis*, *Lecanora chlarotera*, *Lecidea erythrophaea* Frörke ex Sommerf., *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy, 16 X 2020, А.Н., опр. Д. Г.; 2) 56°31'00.9" с.ш., 32°52'17.6" в.д., 241 м н. у. м., окрестности болотного массива Катин Мох, точка 982, кв. 60 Южного лесничества, старовозрастный смешанный лес с вязом, кленом, липой, осиной, елью и серой ольхой на правом берегу реки Мартиновка, на коре черемухи, вместе с *Graphis scripta* (L.) Ach., *Lepra albescens* (Huds.) Hafellner, 17 X 2020, А.Н., опр. Д. Г.; 3) 56°28'44.7" с.ш., 32°55'18.4" в.д., 261 м н. у. м., точка 32, кв. 76/77/92 Южного лесничества, неморальный ельник с липой, кленом, орешником и рябиной, на коре рябины, вместе с *Arthonia radiata*, *Graphis scripta*, *Lecania cyrtella*, *L. naegelii*, 11 XI 2020, А.Н., опр. Д.Г.

Вид был известен ранее из единственного местонахождения в Торопецком районе (Нотов и др., 2011).

Tremella cladoniae Diederich et M. S. Christ.: ЦЛГПБЗ, Нелидовский р-н, 56°28'24.8" с.ш., 32°52'00.6" в.д., 269 м н. у. м., точка 750, кв. 88 Южного лесничества, старовозрастный гигрофитно-разнотравный чернольшаник с елью, вместе с *Phaeorhynchis punctum* (A. Massal.) Rambold et al. на талломах *Cladonia digitata* (L.) Hoffm., растущих на коре и эпифитных мхах на стволе старой черной ольхи, на котором отмечены также *Felipes leucopellaeus*, *Lecanactis abietina*, 7 VIII 2021, А.Н., опр. Д.Г.

Лихенофильный гриб. Отмечен для Национального парка «Государственный комплекс «Завидово» (Чернядьева и др., 2020).

В ходе проведенных в 2020–2021 гг. исследований выявлены также новые местонахождения крайне редких для заповедника видов. Найдены неизвестные ранее местообитания редких индикаторных и специализированных видов биологически ценных лесов, недавно отмеченных для заповедника лихенофильных и сапротрофных нелихенизированных грибов.

Среди наиболее интересных дополнений новые находки видов, приведенных ранее только на основании единственного сбора или отмеченных только в двух – трех точках (Нотов и др. 2016а; Чернядьева и др., 2021). В их числе *Absconditella lignicola* Vězda et Pišut, *Arthonia vinosa* Leight., *Chaenothecopsis consociata*, *C. pusiola*

(Ach.) Vain., *C. viridireagens* (Nádv.) A. F. W. Schmidt (рис. 1), *Cladonia caespiticia* (Pers.) Flörke, *C. norvegica* Tønsberg et Holien, *Cresponea chloroconia* (Tuck.) Egea et Torrente, *Lecidea turgidula* Fr., *Lopadium disciforme* (Flot.) Kullh. (рис. 1), *Microcalicium ahlneri* Tibell, *Multiclavula mucida* (Pers.) R. H. Petersen, *Nephroma laevigatum* Ach., *Ochrolechia pallescens* (L.) A. Massal., *Pertusaria alpina*, *Phaeocalicium populneum* (Brond. ex Duby) A. F. W. Schmidt, *Phaeopyxis punctum*, *Phlyctis agelaea* (Ach.) Flot. (рис. 1), *Plectocarpon lichenum* (Sommerf.) D. Hawksw. (рис. 1), *Ramalina sinensis* Jatta (рис. 1), *Sclerophora coniophaea* (Norman) Mattsson et Middelb., *Scytinium teretiusculum* (Wallr.) Otálora et al., *Thelotrema lepadinum* (Ach.) Ach. и др.

С учетом указанных в данной статье видов и опубликованных ранее материалов (Нотов и др., 2016а, б; Czernyadjeva et al., 2019; Mark et al., 2019; Нотов, 2020; Чернядьева и др., 2021; Коткова и др., 2022) в заповеднике зарегистрировано 413 видов лишайников и родственных им грибов из 157 родов и 75 семейств. По сравнению с первой итоговой сводкой (Нотов и др., 2016а), в которой было приведено 388 видов, относящихся к 146 родам и 59 семействам, данные об уровне разнообразия лихенофлоры заповедника существенно дополнены.

Актуально продолжение лихенофлористических исследований в ЦЛГПБЗ. Их значимость возрастает в связи с катастрофическими темпами деградации лесов в Европейской России и особым статусом лесоболотных массивов заповедника. По типологической структуре, степени сохранности уязвимых компонентов биоразнообразия, полноте форм и типов естественной динамики их можно считать эталоном не только южнотаежных лесов, но и Восточноевропейской тайги в целом (Сукцессионные..., 1999; Пузаченко, Штефанов, 2007; Нотов, 2020).

Благодаря лучшей сохранности специфических биотопов, разнообразию природных комплексов и детальности исследований в ЦЛГПБЗ выявлено значительное число видов, представляющих различные таксоны накипных лишайников и исчезающие в условиях антропогенной трансформации ландшафтов группы кустистых и листоватых лишайников. В заповеднике, занимающем площадь не более 24,5 тыс. га, зарегистрировано 45 видов калициоидных грибов и лишайников, большее по сравнению со смежными территориями число представителей семейств Arthoniaceae (17 видов), Nephromataceae (4), Collemataceae (4). Отмечено значительное разнообразие индикаторного компонента БЦЛ – 74 вида (84% от общего числа индикаторных видов лишайников Тверской области). Все это определяет модельную значимость территории ЦЛГПБЗ для изучения динамики эпифитного мохово-лишайникового покрова в коренных старовозрастных сообществах (Жукова, Нотов, 2020).

Заключение. Таким образом, с учетом последних находок в ЦЛГПБЗ зарегистрировано 413 видов лишайников и родственных им грибов. Полученные материалы свидетельствуют о высоком видовом богатстве лишайнофлоры и целесообразности продолжения дальнейших исследований, которые имеют большое значение для выяснения закономерностей формирования биоразнообразия лишайников и систематически близких к ним грибов в коренных лесных фитоценозах южной тайги.

Авторы выражают глубокую благодарность директору Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника Н.А. Потемкину, заместителю директора по научной работе Е.А. Шуйской, ведущему научному сотруднику А.С. Желтухину за помощь в организации полевых исследований.

Список литературы

- Андреев М.П.* 2014. Деление территории Российской Федерации на регионы // Флора лишайников России: биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М.; СПб.: КМК. С. 365-368.
- Гимельбрант Д.Е., Кузнецова Е.С.* 2009. Лишайники // Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России: учеб. пособие. 2-е изд., доп. и перераб. Т. 2: Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. СПб. С. 93-138.
- Желтухин А.С., Курбатова Ю.А., Сандлерский Р.Б., Пузаченко М.Ю.* 2021. Стационарные исследования в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике // Вопросы географии. Вып. 152. С. 357-378.
- Желтухин А.С., Шуйская Е.А.* 2017. Виды Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника, включаемые в Красную книгу Российской Федерации // Nature Conservation Research. Заповедная наука. № 2 (Suppl. 1). С. 43-60.
- Жукова Л.А., Нотов А.А.* 2020. О проблеме сопряженного анализа онтогенеза дерева и динамики эпифитного мохово-лишайникового покрова // Полевой журнал биолога. Т. 2. № 4. С. 310-320.
- Зорина А.А., Шуйская Е.А., Куракина И.В., Огурцов С.С., Степанов С.Н.* 2018. Реакция биоты на локальные климатические изменения в Центрально-Лесном заповеднике // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 1. С. 58-77.
- Истомин А.В.* 2008. Мелкие млекопитающие в региональном экологическом мониторинге (на примере Каспийско-Балтийского водораздела). Псков: Изд. ПГПУ. 278 с.
- Коткова В.М., Белякова Р.Н., Горин К.К., Гимельбрант Д.Е., Ханов З.М., Колганихина Г.Б., Мороз Е.Л., Нотов А.А., Новожилов Ю.К., Попова Н.Н., Степанчикова И.С., Жданов И.С., Жолобова Ж.О.* 2022. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 9 // Новости систематики

- низших растений. Т. 56 (1). С. 203-220.
- Матвеев А.В., Лебедев А.Н., Гмошинский В.И.* 2018. Результаты многолетнего изучения биоты миксомицетов Ботанического сада Тверского государственного университета // Микология и фитопатология. Т. 52. № 2. С. 112-119.
- Миняев Н.А., Конечная Г.Ю.* 1976. Флора Центрально-Лесного государственного заповедника. Л.: Наука. 104 с.
- Нотов А.А.* 2019. Некоторые итоги флористических исследований в национальном парке за последние пять лет (2014–2018 гг.) // Национальный парк «Государственный комплекс «Завидово» – 90 лет. М.: ИД Меркурий. С. 47-76.
- Нотов А.А.* 2020. Роль Центрально-Лесного заповедника и национального парка «Завидово» в изучении разнообразия лишайников лесных и болотных экосистем южной тайги // Труды Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Вып. 7. М.: КМК. С. 141-158.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е.* 2017. Материалы к лишенофлоре Тверской области. 1 // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 1. С. 246-254.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е., Степанчикова И.С., Волков В.П.* 2016а. Лишайники Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Тверь: Твер. гос. ун-т. 332 с.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е., Урбанавичюс Г.П.* 2011. Аннотированный список лишенофлоры Тверской области. Тверь: Твер. гос. ун-т. 124 с.
- Нотов А.А., Зуева Л.В., Нотов В.А., Мейсунова А.Ф., Андреева Е.А.* 2016б. 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.
- Пузаченко Ю.Г., Штефанов С.В.* 2007. Место биосферных заповедников в реализации стратегии устойчивого развития // Заповедники России и устойчивое развитие: Материалы юбилейной конф., посвящ. 75-летию заповедника, 21–25 авг. 2007 г. Великие Луки. С. 137-173. (Тр. ЦЛГПБЗ; Вып. 5).
- Соколов В.Е., Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д., Шадрин Г.Д.* 1997. Экология заповедных территорий России. М.: Янус-К. 574 с.
- Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / Ред. О.В. Смирнова, Е.С. Шапошников. 1999. СПб. 548 с.
- Чернядьева И.В. (ред.), Афонина О.М., Давыдов Е.А., Дорошина Г.Я., Дугарова О.Д., Етылина А.С., Филиппов И.В., Фрейдин Г.Л., Галанина О.В., Гимельбрант Д.Е., Игнатов М.С., Игнатова Е.А., Коткова В.М., Кукуричкин Г.М., Курагина Н.С., Кузьмина Е.Ю., Лапина Е.Д., Лаврентьев М.В., Макуха Ю.А., Мороз Е.Л., Нотов А.А., Новожилов Ю.К., Попов С.Ю., Попова Н.Н., Потемкин А.Д., Степанчикова И.С., Стороженко Ю.В., Тубанова Д.Я., Власенко В.А., Яковченко Л.С., Зятнина М.В.* 2020. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 5 // Новости систематики низших растений. Т. 54 (1). С. 261-286.

- Чернядьева И.В. (ред.), Давыдов Е.А., Ефимова А.А., Гогорев Р.М., Гимельбрант Д.Е., Коткова В.М., Кузьмина Е.Ю., Леострин А.В., Мороз Е.Л., Нешатаева В.Ю., Нотов А.А., Новожилов Ю.К., Пауков А.Г., Попова Н.Н., Потемкин А.Д., Степанчикова И.С., Стороженко Ю.В., Яковченко Л.С., Юрчак М.И., Волоснова Л.Ф., Журбенко М.П., Зятнина М.В. 2021. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 7 // Новости систематики низших растений. Т. 55 (1). С. 249-277.
- Czernyadjeva I.V. (ed.), Afonina O.M., Ageev D.V., Baisheva E.Z., Bulyonkova T.M., Cherenkova N.N., Doroshina G.Ya., Drovkina S.I., Dugarova O.D., Dulepova N.A., Dyachenko A.P., Filippova N.V., Ginzburg E.G., Gogorev R.M., Himelbrant D.E., Ignatov M.S., Kataeva O.A., Kotkova V.M., Kuragina N.S., Kurbatova L.E., Kushnevskaia E.V., Kuzmina E.Yu., Melekhin A.V., Notov A.A., Novozhilov Yu.K., Popov S.Yu., Popova N.N., Potemkin A.D., Stepanchikova I.S., Stepanova V.A., Tubanova D.Ya., Vlasenko A.V., Vlasenko V.A., Voronova O.G., Zhalov Kh.Kh. 2019. New cryptogamic records. 4 // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. T. 53 (2). P. 431-479.
- Mark K., Randlane T., Thor G., Hur J.S., Obermayer W., Saag A. 2019. Lichen chemistry is concordant with multilocus gene genealogy in the genus *Cetrelia* (Parmeliaceae, Ascomycota) // Fungal Biology. V. 123(2). P. 125-139.
- Notov A.A., Himelbrant D.E., Stepanchikova I.S. 2019. New records of lichens and lichenicolous fungi from the Tver Region // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. T. 53(1). P. 157-166.
- Westberg M., Moberg R., Myrdal M., Nordin A., Ekman S. 2021. Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichen-forming and Lichenicolous Fungi. Uppsala. 933 p.

**ADDITIONS TO THE LICHEN FLORA
OF THE CENTRAL FOREST
STATE NATURAL BIOSPHERE RESERVE**

A.A. Notov¹, D.E. Himelbrant^{2,3}, I.S. Stepanchikova^{2,3}, V.P. Volkov⁴

¹Tver State University, Tver

²Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg

³Komarov Botanical Institute RAS, Saint-Petersburg

⁴Central Forest State Nature Biosphere Reserve, Zapovedniy, Tver Region

Four species of lichens, four species of fungi and one species of parasitic myxomycete are reported for the first time for the Central Forest State Natural Biosphere Reserve (CFR). Data on localities and habitats are provided for all species; nearest known localities in Tver Region are discussed. Nowadays the list of lichens and allied fungi of the CFR counts 413 species from 157 genera.

Keywords: lichens, lichenicolous fungi, lichen flora, Central Forest State Natural Biosphere Reserve (CFR), Tver Region.

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.

ГИМЕЛЬБРАНТ Дмитрий Евгеньевич – старший преподаватель кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; научный сотрудник лаборатории лишенологии и бриологии, ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН», 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2; e-mail: d_brant@mail.ru.

СТЕПАНЧИКОВА Ирина Сергеевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; научный сотрудник лаборатории лишенологии и бриологии, ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН», 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2; e-mail: stepa_ir@mail.ru.

ВОЛКОВ Владислав Петрович – старший научный сотрудник, ФГБУ «Центрально-Лесной государственный заповедник», 172521 Тверская обл., пос. Заповедный, e-mail: vladlenvolkov@list.ru.

Нотов А.А. Дополнение к лишенофлоре Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника / А.А. Нотов, Д.Е. Гимельбрант, И.С. Степанчикова, В.П. Волков // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 122-132.

УДК 581.9(234.81)
DOI: 10.26456/vtbio259

ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ УЧАСТКОВ ЗАПОВЕДНИКА «БЕЛОГОРЬЕ» (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)*

Н.И. Золотухин¹, А.Ю. Курской², В.К. Тохтарь²

¹Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. проф. В.В. Алехина, пос. Заповедный

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

В результате многолетних исследований с 1992 по 2021 гг. впервые был составлен список инвазионных растений для всех пяти участков заповедника «Белогорье» (Белгородская область), включающий 70 видов сосудистых растений. Наибольшее количество инвазионных видов представлено на участке «Лес на Ворскле» (62, 14 из которых входят в ТОП-100 инвазионных видов России), а наименьшее – на участке «Острасьеви Яры» (23, 9 из которых входят в ТОП-100). Роспотребнадзор для территории РФ указывает 6 видов и 1 род (*Cuscuta* spp.). Только два вида отмечаются на участках заповедника «Белогорье»: *Cuscuta campestris* Yuncker – встречающийся на четырех из пяти участках (кроме участка «Лысые Горы») и *Ambrosia artemisiifolia* L. – встречающийся только на участках «Лес на Ворскле» и «Стенки-Изгорья».

Ключевые слова: чужеродные виды, юго-запад Среднерусской возвышенности, Белгородская область, природный заповедник «Белогорье».

Введение. В настоящее время инвазия чужеродных видов за пределы своих ареалов является мировой угрозой для сохранения биологического разнообразия (Виноградова и др., 2010; Blackburn et al., 2011; Тохтарь, Курской, 2019, 2020). Этому способствует деятельность человека, приводящая к стиранию географических барьеров между различными регионами (Бурда, 1991; Rušek et al., 2004; Richardson et al., 2007; Rušek et al., 2012; Vinogradova et al., 2018).

* Исследование выполнено при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования РФ № FZWG-2021-0018 в рамках государственного задания по теме «Разработка и внедрение в практику комплексных физико-химических методов оценки состояния растений для решения задач направленного формирования устойчивых культурфитоценозов различного функционального назначения в условиях промышленных и аграрных предприятий» для создания лаборатории физико-химических методов исследования растений.

Целью данного исследования было проследить внедрение и адаптацию чужеродных видов в экотопы участков природного заповедника «Белогорье» по имеющимся гербарным коллекциям, публикациям и собственным материалам.

Материалы и методы. Государственный природный заповедник «Белогорье» (ГЗБ) сформирован в 1999 г. в Белгородской области из двух участков заповедника «Лес на Ворскле» («Лес на Ворскле», «Острасьевы Яры») и трех участков Центрально-Черноземного заповедника (ЦЧЗ; «Ямская степь», «Лысые Горы», «Стенки-Изгорья»). Общая площадь ГЗБ – 2150 га.

Участок Ямская степь (в литературе ещё фигурирует название «участок Ямской»). Организован в 1935 г. Губкинский район. Современная площадь участка – 573 га. Местообитания: плакорная степь (402 га), степи на склонах (55 га), выпасаемая степь у нового кордона на присоединённой в 1980 г. территории (4 га), луга (13 га), естественные дубравы (58 га), лесные культуры (2 га), ивняки (2 га), заросли степных кустарников (12 га), опушки и поляны (15 га), залежи (3 га), грунтовые дороги, 2 кордона (новый и старый в степи), огород и сад, граничная канава с отвалами. Вокруг участка в 1977 г. организована однокилометровая охранная зона площадью 1400 га. В первом списке сосудистых растений Центрально-Черноземного для Ямского участка указывалось 527 видов (Алехин, 1940). Н.И. Золотухин и И.Б. Золотухина в результате обработки гербария (с 1921 по 2004 гг.) и собственных данных (с 1992 по 2004 гг.) по динамике флоры Ямской степи составили сводный список, включавший 693 вида сосудистых растений (в т.ч. 53 адвентивных и интродуцированных) (Золотухин, Золотухина, 2005а, б). Позднее дополнительно выявлено 40 видов.

Участок Лысые Горы. Организован в 1993 г. Губкинский район. Площадь участка – 170 га. Местообитания: естественная дубрава (27 га), лесные культуры (80 га, посадки 1968-1990 гг., но около 20 га из них на степных склонах погибли или сильно изрежены), степи на склонах (55 га, включая петрофитные на мелах), луга (2 га), ручей Безымянный, грунтовые дороги (с 1994 г. въезд перекрыт), граничная канава с отвалами. Вокруг участка в 1994 г. организована однокилометровая охранная зона площадью 860 га. По материалам за 1992-1994 гг. опубликован конспект флоры участка Лысые Горы (Золотухин, Золотухина, 1995), включавший 512 видов сосудистых растений. Последующие исследования увеличили этот список ещё на 96 видов.

Участок Стенки-Изгорья. Организован в 1995 г. Новооскольский район. Площадь участка – 267 га. Представлены: нагорная дубрава с вкраплением сосны меловой и остепнёнными

лугами по опушкам (урочище Стенки); террасы левобережья р. Оскол с ольшаниками, ивняками, лугами, старицами, посадками сосен (на песчаной гривке), берез и тополей (урочище Ольхи); Крутой лог у северо-восточной границы с зарослями кустарников, степными склонами и обнажениями мела; Жостова гора у юго-восточной границы со степями, обнажениями мела, лесополосами. Местообитания: естественные леса (193 га), лесные культуры (13 га), луга и луговые степи (26 га), петрофитные степи на мелах (27 га), болота (3 га), старицы (2 га), овраги, пески, грунтовые дороги. Охранная зона вокруг участка не установлена. По данным экспертной оценки авторов, на участке Стенки-Изгорья известно произрастание более 700 видов сосудистых растений (данные Н.И. Золотухина; сводный список пока не опубликован). Список сосудистых растений урочища Стенки-Изгорья и окрестностей, насчитывающий 590 видов (Григорьевская, 1993), не полностью соответствует территории организованного в 1995 г. заповедного участка.

Участок Лес на Ворскле. Организован в 1924 г. (вначале как учлесхоз «Лес на Ворскле»). Борисовский район. Современная площадь участка – 1050 га. Местообитания: естественный лес (599 га), лесные культуры (408 га), дендрарий (2,6 га), сады (6 га), центральная усадьба ГЗБ в квартале 8 и кордоны (23 га), дороги и лесные просеки (9 га), воды (0,1 га), опушки, поляны. Вокруг участка в 1994 г. организована охранная зона (шириной от 0 до 1 км) площадью 488 га. Первый список растений учлесхоза «Лес на Ворскле» был составлен Л.И. Самсоновой в 1971 г. и насчитывал 550 видов (Самсонова, 1971). Второй список, содержащий 460 видов, был основан на итогах инвентаризации флоры участка заповедника в 1984-1989 гг. (Доронина и др., 1992). В.Н. Тихомиров с соавторами (1996) впервые отметили 66 «новых» видов (10 – адвентивных) (Тихомиров и др., 1996). М.В. Арбузова для участка заповедника «Лес на Ворскле», исключая дендрарий и центральную усадьбу, отмечает 24 вида древесно-кустарниковых интродуцентов (Арбузова, 2002). Позднее для флоры участка добавлено ещё 67 видов сосудистых растений.

Участок Острасьевы Яры. Организован в 1995 г. Борисовский район. Площадь участка – 90 га. Местообитания: естественный лес (39 га), лесополоса (1 га), степи и луга (47 га), болота (0,2 га), воды (0,2 га), овраги, грунтовые дороги. Охранная зона вокруг участка не установлена. Первый список сосудистых растений участка «Острасьевы Яры», опубликованный Ю.А. Дорониной с соавторами (Доронина и др., 1993), насчитывал 364 вида. Позднее обнаружено ещё 177 видов.

При обработке материалов учтены: данные собственных исследований авторов на территории всех заповедных участков

(начиная с 1992 г.); опубликованные работы; сведения из гербарных фондов: BELZ (около 3500 листов), МНА, MW, ОНН, VORG, VU, Центрально-Черноземного заповедника им. В.В. Алехина (ЦЧЗ; около 7300 листов), Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ», Губкинского краеведческого музея (ГКМ); в BELZ и ЦЧЗ вместе хранятся около 80% всех гербарных сборов сосудистых растений с заповедника «Белогорье»; по участку Ямская степь также учтены сведения из Летописей природы Центрально-Черноземного заповедника (наблюдения сотрудников заповедника). Названия видов даны по: The International Plant Names Index (2012).

Результаты и обсуждение. Ниже остановимся на распространении каждого из видов на конкретном участке заповедника «Белогорье».

В обзорах по видам сообщается год первого гербарного сбора с участка и в скобках место его хранения (в необходимых случаях – и другие сборы), при указаниях без гербария – после года в скобках приводится ссылка на литературный источник или данные наблюдений (дн.) и их автор. Обозначения участков заповедника: ЯС – Ямская степь, ЛГ – Лысые Горы, СИ – Стенки-Изгорья, ОЯ – Острасевы Яры, ЛВ – Лес на Ворскле; * – самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) (Дгебуадзе и др., 2018).

Turpha laxmannii Lereschin. ЯС: редко, охранная зона в 1 км от территории участка за Сурами, высохшее днище водохранилища, 1991 г. (ЦЧЗ), отмечен в охранной зоне и в Чуфичевой балке в 1 км от ГЗБ на зарастающем хвостохранилище Лебединского ГОКа, 1992 г. (Н.И. Золотухин, дн.); ЛГ: редко, сырое днище лога, 2003 г. (ЦЧЗ).

Anisantha tectorum (L.) Nevski. ЯС: редко, дороги, до 1940 г. (Alekhin, 1940), выпасаемый степной участок у кордона, 1992 г. (ЦЧЗ); СИ: опушка леса у поля и луг, 1989 г. (VORG), нередко, сосновые лесокультуры, пески, дороги, 1993 г. (ЦЧЗ), 2003 г. (MW); ЛВ: окрестности участка, Борисовка и Дубино, 1936 и 1939 гг. (BELZ), Дубино, 1968 г. (МНА), территория участка, нередко, центральная усадьба, лесокультуры, дороги, залежи, луга с нарушенной почвой, 2005 и 2006 гг. (Н.И. Золотухин, дн.).

Arrhenatherum elatius (L.) J. et C. Presl. ЯС: редко, луговые степи, опушки, расселяется, 1995 г. (ЦЧЗ), 2003 г. (ГКМ); ЛГ: редко, остепненные опушки, 1995 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, опушки, остепненные луга, 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: довольно часто, дубрава, лесные культуры, опушки, сады, 1934, 1937, 1938, 1946, 1985 и 2005 гг. (BELZ); ОЯ: редко, опушки, остепненные луга, до 1993 г. (Доронина и др., 1993).

Lolium perenne L. ЯС: редко, возле нежилого кордона в степи, 1991 г. (В.Д. Собакинских, дн.), в последующие годы отмечается по дороге и на выпасаемой степной части у нового кордона (Н.И.

Золотухин, дн.); ЛВ: нередко, усадьба заповедника, дороги, просеки, старый сад, 1936, 1937, 1938, 1939, 2005 гг. (BELZ); ОЯ: редко, бывшее пастбище, опушки, дороги, 1968 и 2008 гг. (МНА), 2005 г. (ЦЧЗ).

Acorus calamus L. СИ: редко, урочище Ольхи, берег Большой старицы, 1994 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, пойма р. Ворсклы, 1971 г. (МНА), 1975 и 1986 гг. (BELZ).

Salix fragilis L. ЯС: редко, днище лога Суры, до 1957 г. (С.С. Левицкий, дн.), ложок в квартале 6, 1993 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, Безымянный лог, днище, 2000 г. (ЦЧЗ); СИ: нередко, ивняки, ольшаники, опушки, до 1993 г. (Григорьевская, 1993), 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: долины рек, в охранной зоне нередко, 2005 г. (Н.И. Золотухин, дн.), на территории участка редко, днища логов, 1940 г. (BELZ), 2006 г. (ЦЧЗ); ОЯ: нередко, днище лога, заросли ив, 2005 г. (ЦЧЗ).

Quercus rubra L. ЛВ: редко, лесные культуры занимают площадь 1,4 га, а молодой подрост на площади 3,7 га (Арбузова, 2002), квартал 10, опушка дубравы, молодые особи вблизи старых посадок, 2016 г. (ЦЧЗ).

Ulmus pumila L. СИ: редко, опушки, пески, 1995 г. (ЦЧЗ).

Atriplex tatarica L. ЯС: редко, дороги, сорное у нового кордона, до 1984 г. (О.С. Игнатенко, дн.), 1994 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, обочины бывших дорог, 1994 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, дороги, пески, до 1993 г. (Григорьевская, 1993), 1998 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, дороги, луга с нарушенной почвой, 1975 г. (BELZ).

Amaranthus retroflexus L.* ЯС: нередко, дороги, порои млекопитающих в степи, сорное у кордона, до 1940 г. (Алехин, 1940); ЛГ: редко, на обочине бывшей дороги и на поляне у бывшей пасеки, 1994 г. (ЦЧЗ); СИ: нередко, дороги, сосновые лесокультуры, пески, бывшие пастбища, до 1993 г. (Григорьевская, 1993), 1997 г. (ЦЧЗ); ЛВ: окрестности, п. Борисовка, 1939 (BELZ), территория участка, нередко, центральная усадьба, кордоны, залежи, луга с нарушенной почвой, пойма р. Ворсклы, 2009 г. (BELZ); ОЯ: редко, бывшее пастбище, до 1993 г. (Доронина и др., 1993), 2007 г. (ЦЧЗ).

Berberis vulgaris L. ЯС: редко, охранная зона, лог Городок, 1 км от Ямского участка, степной склон, 1999 г. (ЦЧЗ), охранная зона, близ лога «Вишняки», степной склон, 2010 г. (ЦЧЗ), территория участка, заросли кустов в верховьях балки «Вишняки», 2018 г. (МНА); ЛГ: редко, в лесокультурах сосны, березы и ясеня, не посажен (расселение, вероятно, птицами), 1993 г. (ЦЧЗ); ЛВ: сад заповедника, 1934 и 1938 гг. (BELZ), на центральной усадьбе и в дендрарии, отдельные особи в дубраве (одичал), 2005 и 2019 гг. (ЦЧЗ).

Mahonia aquilegifolia (Pursh) Nutt. ЛВ: редко, дендрарий и окрестности (Арбузова, 2013), дендрарий, посадки, разрастается

вегетативно, 2005 г. (ЦЧЗ), лиственный лес недалеко от дендрария, 2007 г. (ЦЧЗ).

Chorispора tenella (Pallas) DC. ЯС: редко, сорные места, дороги, степное пастбище у кордона, 1951, 1977, 1992 и 1993 гг. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, пойма р. Ворсклы, 1938 г. (BELZ); ОЯ: редко, луга, на обнаженной почве, обочина дороги, 1995 г. (BELZ; Тихомиров и др., 1996), 2008 г. (МНА), в 100 м от участка, 2008 г. (ЦЧЗ).

Diplotaxis muralis (L.) DC. СИ: редко, обочины дорог, вскопанная почва у граничных столбов, промоины в мелах, 1996 г. (ЦЧЗ).

Hesperis pycnotricha Borbas et Degen ЯС: редко, окраина огорода, залежь, заросли кустарников у кордона в степи, 1992, 1993, 1997, 2001 и 2018 гг. (ЦЧЗ), заросли клена американского, 2005 г. (ГКМ, BELZ); ЛВ: сад заповедника, 1938 г. (BELZ).

Kibera gallica (Willd.) V.I. Dorof. ЯС: нередко в охранной зоне, дамбы и обсохшие мела хвостохранилищ ГОКа, 1992, 1993 и 1997 гг. (ЦЧЗ), редко на территории, степные склоны с меловыми обнажениями, 1999 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, обнажения мела на степных склонах, 1993 г. (ЦЧЗ); СИ: Жостова гора, меловое обнажение, 1991 г. (VORG), нередко, петрофитные степи с меловыми обнажениями, 1993 г. (ЦЧЗ), 2003 г. (ГКМ, BELZ).

Lepidium densiflorum Schrad. ЯС: редко, дороги, степное пастбище у кордона, 1984 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, сосновые лесокультуры, пески, дороги, 1993 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, пойма и терраса у р. Ворсклы, песчаная дорога, 1968 г. (МНА).

Grossularia reclinata (L.) Mill. (incl. *Grossularia uva-crispa* (L.) Mill.). ЯС: редко, дубрава, отдельные кусты и заросли диаметром до 4 м, 2004 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, лесные культуры, не посажен (расселение, вероятно, птицами), 1997 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, дубрава, сосновые лесокультуры, 2006 г. (ЦЧЗ).

Ribes alpinum L. ЛВ: редко, дендрарий, 2005 г. (ЦЧЗ), дубрава, недалеко от дендрария, одичал, 2007 г. (ЦЧЗ).

Ribes rubrum L. СИ: редко, лесополоса, единичными особями, не посажен (расселение, вероятно, птицами), 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, дубрава, отдельные особи, одичал, 2006 г. (ЦЧЗ), «Лес-на-Ворскле», 2008 г. (МНА).

Amelanchier spicata (Lam.) C. Koch* ЛВ: редко, дендрарий и лес в окрестностях (Арбузова, 2013), 2000 г. (BELZ).

Armeniaca vulgaris Lam. ЛГ: редко, откос граничной канавы, 2000 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, урочище Ольхи, луг, единственная особь, вероятно, случайный занос, 2004 г. (ЦЧЗ).

Cerasus avium (L.) Moench ЛГ: редко, лесные культуры, не посажен (расселение, вероятно, птицами), 1992 г. (ЦЧЗ); ЛВ:

выращивается, имеется самосев, 2008 г. (МНА).

Cerasus vulgaris Mill. ЯС: редко, выращивается у кордонов, одичал на опушках дубрав, 1993 г. (ЦЧЗ); ЛГ: нередко, опушки, заросли кустарников, 1994 г. (ЦЧЗ), отмечен гибрид с представленной на участке *C. fruticosa* Pall. – *C. × eminens* (Beck) Vuia, опушка естественного леса, большая заросль (2 ара), высота до 3,5 м, 30 V 2018, Н.И. Золотухин, Е.Н. Солнышкина (ЦЧЗ); СИ: урочище Стенки-Изгорье, 1949 г. (VU), редко, опушки, лесополоса, 1997 г. (ЦЧЗ); ЛВ: квартал 10 и сад заповедника, 1934 и 1938 гг. (BELZ), нередко, центральная усадьба, кордоны, опушки, 2005 и 2006 гг. (Н.И. Золотухин, дн.); ОЯ: редко, опушки, 2006 г. (Н.И. Золотухин, дн.).

Cotoneaster lucidus Schlecht. ЛВ: редко, дендрарий и лес в окрестностях (Арбузова, 2013), дубрава (недалеко от дендрария), одичал, 2007 г. (ЦЧЗ).

Malus domestica Borkh. ЯС: нередко, кордоны, одичал во многих местах – плакорная степь, опушки, заросли кустарников, граничная канава, 1992 г. (Н.И. Золотухин, дн.); ЛГ: редко, опушки, лесные культуры, 1992 г. (Золотухин, Золотухина, 1995); СИ: редко, опушки, лесополоса, 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, центральная усадьба, кордоны, старый сад, редко на опушках, 2005 и 2006 гг. (Н.И. Золотухин, дн.); ОЯ: редко, опушки, заросли кустарников, 2012 г. (Н.И. Золотухин, дн.).

Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. СИ: редко, урочище Ольхи, опушки, сосновые лесокультуры, 1994 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, дендрарий и лес в окрестностях (Арбузова, 2013).

Prunus cerasifera Ehrh. ЛВ: выращивается, изредка дичает, квартал 10, опушка и граничная канава, довольно большие деревья, 2005 г. (ЦЧЗ), квартал 2, 1949 г. (BELZ), «Лес-на-Ворскле», 2008 г. (МНА).

Prunus domestica L. (incl. *P. insititia* L.). ЯС: редко, выращивается у нового кордона, где даёт поросль, 2004 г. (ЦЧЗ), на заброшенной части п. Загорный, отошедшей в 1980 г. к заповеднику, заросли, 1992 г. (Н.И. Золотухин, дн.); ЛГ: охранная зона, рядом с территорией ГЗБ, у бывшей насосной станции, разрастается, 2004 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, устье Крутого лога, луг, 2 куста, 1998 г. (ЦЧЗ), расселение, вероятно, из большой плодоносящей заросли в 80-100 м севернее ГЗБ на бывшей усадьбе, 1998 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, заросли кустарников, 2007 г. (ЦЧЗ), 2016 г. (МНА).

Pyrus communis L. (excl. *P. pyraeaster* Burgsd.). ЯС: редко, выращивается у нового кордона, одичал (единичными особями) в плакорной степи, на опушках, 1992 г. (Н.И. Золотухин, дн.), в Большой степной западине, по краю ивняков, большое плодоносящее дерево, 2004 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, опушки, есть плодоносящие особи, 1994 г.

(ЦЧЗ); ЛВ: в культуре, центральная усадьба заповедника, кордоны, старый сад, редко отмечается небольшой самосев на опушках, 2005 г. (ЦЧЗ).

Amorpha fruticosa L. ЛГ: редко, опушки, лесные культуры, расселяется, 1992 г. (ЦЧЗ), широколиственный лес, у дороги, 1997 г. (ГКМ); СИ: редко, урочище Ольхи, сосновые лесокультуры, опушка ольшаника, 1994 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, дендрарий и лес в окрестностях (Арбузова, 2013), 1949 и 1984 гг. (BELZ).

Caragana arborescens Lam. ЯС: нередко, лесные культуры, дубрава, опушки, заросли кустарников, одичал, до 1984 г. (О.С. Игнатенко, дн.), лес Кучугуры, 2004 г. (ЦЧЗ), Ямская степь, 2005 г. (BELZ); ЛГ: нередко, опушки, заросли кустарников, лесные культуры, расселяется, 1993 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, сосновые лесокультуры, пески, 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: огороды заповедника, 1938 г. (BELZ), лесные культуры занимают площадь 51,7 га (Арбузова, 2002), нередко, центральная усадьба, дубрава, опушки, 2002 г. (BELZ), 2005 г. (ЦЧЗ); ОЯ: нередко, опушки, лесополоса, степные склоны, до 1993 г. (Доронина и др., 1993), 2005 г. (Н.И. Золотухин, дн.).

Galega orientalis Lam. ЛВ: редко, культивируется в саду, 1995 г. (MW), центральная усадьба, луг, разрастается, 2005, 2009 и 2012 гг. (ЦЧЗ), 2008 г. (MHA).

Medicago sativa L. ЯС: на территории участка редко, отвал граничной канавы, 2009 г. (ЦЧЗ), в охранной зоне нередко, хвостохранилища ГОКа, дамбы, обочины дорог, 1993 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, обочины бывших дорог, граничная канава, 1994 г. (ЦЧЗ); СИ: окрестности участка, у с. Песчанки, 1949 г. (VU), территория участка, редко, вершина Жостовой горы, остепнённый луг (возможно, давняя залежь), 1997 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, луга, обнажения почвы, до 1993 г. (Доронина и др., 1993); ЛВ: редко, центральная усадьба, луга, пойма р. Ворсклы, 1997 и 2009 гг. (BELZ).

Medicago × varia T. Martyn СИ: редко, опушка дубравы, 2004 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, центральная усадьба, луг, 2005 г. (ЦЧЗ).

Robinia pseudoacacia L. ЯС: редко, в лесных культурах у границы заповедника, до 1984 г. (О.С. Игнатенко, дн.), на опушке леса Кучугуры, 1992 г. (Н.И. Золотухин, дн.), в граничной канаве, 2007 г. (ЦЧЗ); ЛГ: нередко, опушки, лесные культуры, расселяется, 1993 г. (ЦЧЗ); СИ: нередко, посажена в лесополосах на вершине Жостовой горы и на правом берегу Таволжанского лога, активно расселяется в степь с меловыми обнажениями и на опушки, 1993 и 1996 гг. (ЦЧЗ); ЛВ: сад заповедника, 1938 и 1939 гг. (BELZ), центральная усадьба, 1985 г. (BELZ), нередко, лесные культуры занимают площадь 20,3 га, опушки, просеки (Арбузова, 2002); ОЯ: нередко, лесополоса, опушки, заросли кустарников, 2005 г. (Н.И. Золотухин, дн.).

Vicia villosa Roth ЛВ: редко, луг (старая залежь), сад, 2005 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, луг, бывшее пастбище, 2008 г. (Н.И. Золотухин, дн.).

Oxalis stricta L.* ЛВ: редко, центральная усадьба, дороги, лесные культуры, просеки, 2008 г. (МНА), 2009 г. (BELZ), 2013 г. (ЦЧЗ).

Phellodendron amurense Rupr. ЛВ: лесные культуры занимают площадь 3,8 га, имеется самосев (Арбузова, 2002), «Лес-на-Ворскле», 2008 г. (МНА), опушка дубравы, молодая поросль вблизи старых посадок, 2016 г. (ЦЧЗ).

Cotinus coggygria Scop. СИ: редко, степные склоны, меловые обнажения, 1998 г. (ЦЧЗ); ЛВ: выращивается, имеется самосев, центральная усадьба, сад заповедника, 1938 и 1939 гг. (BELZ).

Acer negundo L.* ЯС: довольно часто, кордон в степи, до 1984 г. (О.С. Игнатенко, дн.), 2005 г. (ЦЧЗ), отошедшие в 1980 г. к заповеднику заброшенная часть п. Загорный и лесополоса в верховьях лога Кучугуры (в посадках), опушки, заросли кустарников, 1992 г. (Н.И. Золотухин, дн.), граничная канава, 2007 г. (ЦЧЗ), активно расселяется; ЛГ: нередко, лесные культуры, опушки, расселяется, 1994 г. (ЦЧЗ); СИ: нередко, ольшаники, опушки, 1993 г. (ЦЧЗ); ЛВ: лесные культуры (начиная с 1927 г.) занимают площадь 2,9 га (Арбузова, 2002), довольно часто, самый агрессивный вид древесных интродуцентов участка, опушки, просеки, долина реки, старый сад, 1935, 1946 и 2002 гг. (BELZ), 2008 г. (МНА); ОЯ: довольно часто, лес, опушки, заросли кустарников, до 1993 г. (Доронина и др., 1993), 2007 г. (ЦЧЗ).

Impatiens glandulifera Royle* ЛВ: редко, кордон № 4, опушка, 2005 г. (ЦЧЗ).

Parthenocissus inserta (A. Kern.) Fritsch ЛВ: нередко, центральная усадьба, старый сад, опушки, овраги, одичал, 1939 г. (BELZ), 2005 г. (ЦЧЗ, BELZ), как «беглец из культуры» занимает 4 га (Арбузова, 2002).

Tilia × europaea L. (*T. cordata* Mill. × *T. platyphyllos* Scop.): ЛВ: нередко, центральная усадьба, дубрава – в посадках, опушки, 2008 г. (ЦЧЗ), 2016 г. (МНА).

Tilia platyphyllos Scop. ЛВ: нередко, лесные культуры на площади 4 га, подрост на площади 38 га (Арбузова, 2002), 1934, 1939, 1945 и 2003 гг. (BELZ), 1971 г. (МНА).

Elaeagnus angustifolia L. ЯС: редко, в охранной зоне, лесополосы, 1978 г. (О.С. Игнатенко, дн.), западнее лога Вишняки, лесополоса, имеется небольшой самосев, 1992 г. (ЦЧЗ), охранная зона Ямской степи, 2001 г. (BELZ); ЛГ: нередко, лесные культуры, степные склоны с меловыми обнажениями, откос граничной канавы, расселяется, 1992 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, на песке, в лесокультурах,

единичными особями, 1994 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, ботанический питомник, 1939 г. (BELZ), заповедник Лес на Ворскле, 1995 г. (ОНИИ), дендрарий, 1984 и 2001 гг. (BELZ), обочина дороги, 1984 г. (BELZ).

Epilobium adenocaulon Hausskn.* ОЯ: редко, низинный луг, 2002 г. (MW), 2016 г. (МНА, BELZ).

Oenothera biennis L.* ЯС: редко, в граничной канаве в логу Вишняки, 1983 г. (В.С. Жмыхова, дн.), охранный зона, хвостохранилище ГОКа, 1992 г. (ЦЧЗ); СИ: урочище Стенки, 1949 г. (VU), нередко, сосновые лесокультуры, пески, бывшее пастбище, 1993 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, лесные культуры на песках, опушки, пойма р. Ворсклы, обнажения почвы, 1936 и 1997 гг. (BELZ).

Fraxinus pennsylvanica Marshall (incl. *F. lanceolata* Borkh.)* ЯС: нередко, в лесополосе на отошедшей в 1980 г. к заповеднику территории в верховьях лога Кучугуры, 1994 г. (ЦЧЗ), опушки леса Кучугуры, 1994 г. (ЦЧЗ), по краю ивняков в Большой степной западине, 1998 г. (ЦЧЗ), Ямская степь, 2006 г. (BELZ), в зарослях степных кустарников, 2009 г. (ЦЧЗ); ЛГ: довольно часто, лесные культуры, опушки, заросли кустарников, расселяется, 1992 г. (ЦЧЗ); СИ: нередко, лесополосы, опушки, ольшаники, 1995 г. (ЦЧЗ); ЛВ: дендрарий, 1948 г. (BELZ), нередко, лесные культуры занимают площадь 44 га (Арбузова, 2002), опушки, просеки, берег р. Ворсклы, 1936, 1939 и 1997 гг. (BELZ), 1968 г. (МНА), 2016 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, опушки, лесополоса, 2005 и 2007 гг. (ЦЧЗ).

Ligustrum vulgare L. ЯС: редко, лог Суры, степь с кустарниками, заросль 3×2 м, 2007 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, лесные культуры, опушки, не посажен (расселение, вероятно, птицами), 1996, 1997 и 2004 гг. (ЦЧЗ); ЛВ: дендрарий, 1949 г. (BELZ), редко, дендрарий и окрестности (Арбузова, 2013), дубрава (недалеко от дендрария), 2005 г. (Н.И. Золотухин, дн.), старый сад, 2005 г. (ЦЧЗ).

Syringa vulgaris L. ЯС: редко, одичало в зарослях кустарников в логах Вишняки и Кучугуры, до 1984 г. (О.С. Игнатенко, дн.), выращивается на новом кордоне, 1992 г. (Н.И. Золотухин, дн.), там же, 2004 г. (ЦЧЗ), лог Суры, луговая степь на склоне, единственная особь, 2007 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, охранный зона, рядом с территорией ГЗБ, у бывшей насосной станции, разрастается, 2004 г. (ЦЧЗ); ЛВ: сад и дендрарий заповедника, 1939 и 1950 гг. (BELZ), нередко, центральная усадьба, кордоны, дубрава недалеко от дендрария, 2005 и 2006 гг. (Н.И. Золотухин, дн.), опушка дубравы, 2016 г. (ЦЧЗ).

Asclepias syriaca L. ЛВ: редко, сад заповедника, 1939 г. (BELZ), центральная усадьба, луг, разрастается, 2013 г. (ЦЧЗ).

Vinca minor L. ЛВ: выращивается на центральной усадьбе, сад заповедника, 1934 и 1938 гг. (BELZ), одичал, редко, квартал 8, выдел 28, правая сторона Монастырского Яра, метров 100 от восточной

границы, дубрава звездчатковая, редко, 2007 г. (ЦЧЗ); квартал 8, выдел 27, дубово-ясеневый лес у южной границы, обильно на площади 2 ара, 2007 г. (ЦЧЗ), квартал 8, широколиственный лес, около 150 м от опушки леса к западу от усадьбы заповедника в верховьях Монастырского яра, 2015 г. (ЦЧЗ).

Cuscuta campestris Yuncker (*C. cesatiana* auct. non Bertol.). ЯС: редко, охранная зона, бывший хутор Загорный, 70 м от нового кордона заповедника, заброшенная усадьба, 1997 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, урочище Ольхи, бурьянистый луг у бывшей дороги по границе участка, 1995 г. (ЦЧЗ); ЛВ: центральная усадьба, на площади около 2×2 м, 2005 г. (ЦЧЗ), квартал 9, старая зарастающая залежь, 2016 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, обнажения почвы, бывшая дорога, 2016 г. (МНА). Карантинный вид (Приказ, 2007).

Elsholtzia ciliata (Thunb.) Nyland. ЛВ: нередко, центральная усадьба, кордоны, залежи, дороги, просеки, обнажения почвы, 1947 и 1974 гг. (BELZ), 2005 г. (ЦЧЗ).

Lucium barbarum L. ЛВ: сад заповедника, 1935 г. (BELZ), редко, заросли кустарников, обочина дороги, старый сад, 1968 г. (МНА), 2008 г. (ЦЧЗ).

Lonicera tatarica L. ЯС: редко, лесополоса, опушки, граничная канава, 1992 г. (ЦЧЗ), степное днище балки, 1997 г. (ОНИ); ЛГ: нередко, лесные культуры, опушки, заросли кустарников, расселяется, 1992 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, лесополосы, опушки, окрестности участка, 1993 г. (ЦЧЗ), территория участка, 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: сад заповедника, 1938 и 1939 гг. (BELZ), нередко, леса, лесные культуры, опушки, 2005 г. (BELZ), 2006 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, леса, опушки, заросли кустарников, 2005 г. (Н.И. Золотухин, дн.).

Sambucus nigra L. ЯС: редко, край огорода и граничная канава, 1997 г. (Н.И. Золотухин, дн.); ЛГ: нередко, широколиственный лес, заросли кустарников, лесные культуры, граничная канава, расселяется, 1994 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, лесополосы, 1994 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, естественная дубрава, лесные культуры, опушки, 1934, 1938 и 2002 гг. (BELZ), 1968 и 2008 гг. (МНА), 2005 и 2016 гг. (ЦЧЗ); ОЯ: нередко, лес, опушки, заросли кустарников, до 1993 г. (Доронина и др., 1993), 2007 г. (ЦЧЗ).

Sambucus racemosa L. ЯС: редко, лес Кучугуры, 1981 г. (О.С. Игнатенко, дн.), обособленная дубровка среди степи, опушка, 2004 г. (ЦЧЗ); ЛГ: нередко, широколиственный лес, заросли кустарников, опушки, лесные культуры, расселяется, 1993 г. (ЦЧЗ); СИ: редко, лесополосы, 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, лесные культуры, опушки, 2006 г. (ЦЧЗ), 2008 г. (МНА).

Ambrosia artemisiifolia L.* СИ: в 200 м от территории участка на дороге под железнодорожным мостом возле урочища Ольхи, 2005 г.

(ЦЧЗ); ЛВ: центральная усадьбы, у дорожки, 2 особи, 2005 г. (ЦЧЗ), там же, у водонапорной башни, рудеральное, 16 особей, 2013 г. (ЦЧЗ). Потенциально инвазионный вид для ГЗБ, одичавший в отдельных местах Белгородской области (выпасаемые луга и степи, меловые обнажения, промоины). Карантинный вид (Приказ, 2007).

Bidens frondosa L.* СИ: редко, окрестности участка, берег р. Оскол, дороги, 1993 г. (ЦЧЗ), территория участка, ольшаники, 1997 г. (ЦЧЗ); ЛВ: «Лес-на-Ворскле», 2008 г. (МНА); ОЯ: редко, травяное болото на днище лога, 2005 г. (ЦЧЗ).

Chamomilla suaveolens (Pursh) Rydb. ЯС: редко, дороги, выпасаемая степная часть у кордона, 1974 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, на бывших дорогах, 1994 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, центральная усадьба, кордоны, сады, дороги, просеки, луга с нарушенной почвой, 1937 и 1985 гг. (BELZ), 2005 г. (ЦЧЗ).

Crepis rhoediafolia Vieb. ЯС: охранный зона, нередко, обочины дорог Лебединского ГОКа, 2018 г. (Н.М. Решетникова, дн.), территория ГЗБ, редко, обочина дороги в степи, 2020 г. (МНА, ГКМ); ЛВ: квартал 9, старая зарастающая залежь, несколько сотен растений, 2016 г. (ЦЧЗ), 2017 г. (МНА). Интенсивно расселяется в последнее десятилетие в Белгородской и Курской областях (Сухоруков, Кушунина, 2012).

Cyclachaena xanthiifolia (Nutt.) Fresen.* ЯС: нередко, рудеральное у нового кордона, граничная канава, порою млекопитающих, до 1988 г. (В.Д. Собакинских, дн.), 1994 г. (ЦЧЗ); ЛГ: редко, обочины бывших дорог, отвал граничной канавы, 1994 г. (ЦЧЗ); СИ: нередко, бурьянистые луга по окраинам дорог и на бывших пастбищах, сосновые лесокультуры, пески, окрестности участка, 1993 г. (ЦЧЗ), территория участка, 1996 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, центральная усадьба, кордоны, залежи, обнажения почвы, 2005 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, обнажения почвы, бывшее пастбище, 2005 г. (ЦЧЗ).

Erigeron annuus (L.) Pers. s. l.* ЛГ: редко, опушка, 2003 г. (BELZ); СИ: редко, луга, бывшее пастбище, 1998 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, центральная усадьба, опушки, пойма р. Ворсклы, 1968 г. (МНА), 1985 г. (BELZ), 1995 и 1996 гг. (MW), 2005 и 2017 гг. (ЦЧЗ); ОЯ: нередко, опушки, луга, до 1993 г. (Доронина и др., 1993), 2005 г. (ЦЧЗ).

Erigeron canadensis L.* ЯС: нередко, дороги, граничная канава, порою млекопитающих, промоины, кордон, выпасаемая часть степи, 1937, 1997, 1999 и 2005 гг. (ЦЧЗ), Ямская степь, у старого кордона, 2003 г. (ГКМ, BELZ); ЛГ: редко, обочины бывших дорог, отвал граничной канавы, 1994 г. (ЦЧЗ); СИ: урочище Стенки, 1949 г. (VU), нередко, дороги, пески, сосновые лесокультуры, промоины, бывшее пастбище, 1993 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, центральная усадьба, дороги,

лесные культуры, луга с нарушенной почвой, 1935, 1936, 1937, 1938, 1946 и 2009 гг. (BELZ); ОЯ: редко, обнажения почвы, бывшее пастбище, до 1993 г. (Доронина и др., 1993), 2002 г. (MW).

Galinsoga parviflora Cav.* ЯС: редко, огород у нового кордона, 1997 г. (ЦЧЗ), на нарушенной почве выпасаемой степной части у нового кордона, 2007 г. (Н.И. Золотухин, дн.); ЛГ: редко, отвал граничной канавы, 1995 г. (ЦЧЗ); ЛВ: нередко, центральная усадьба, кордоны, пойма р. Ворсклы, 2005 г. (ЦЧЗ), 2009 г. (BELZ).

Helianthus tuberosus L. (incl. *H. subcanescens* (A. Gray) E. Watson). ЯС: огород и рудеральное у забора на новом кордоне, разрастается вегетативно, 1997 г. (ЦЧЗ); ЛГ: противопожарная вспаханная полоса вокруг лесных культур, 1994 и 1999 гг. (ЦЧЗ); ЛВ: редко, кордон № 4, опушка, заросль, дичает, 2005 г. (Н.И. Золотухин, дн.).

Solidago canadensis L.* ЛВ: редко, кордон № 4, опушка, 2005 г. (ЦЧЗ); ОЯ: редко, опушки, 2016 г. (МНА).

Xanthium albinum (Widder) H. Scholz ЯС: редко, огород, дороги, выпасаемая степная часть у нового кордона, 1994 г. (ЦЧЗ); ЛГ: нередко, бывшее пастбище, отвал граничной канавы, 1993 г. (ЦЧЗ); СИ: окрестности с. Песчанки, 1949 г. (VU), окрестности участка, довольно часто, берега р. Оскол, пески, пастбища, дороги, 1993 г. (ЦЧЗ), территория участка, редко, пески, бывшее пастбище, 1997 г. (ЦЧЗ).

Таким образом, в состав инвазионных видов участков заповедника «Белогорье» входят: 29 семейств, 62 рода и 70 видов; Magnoliopsida – 65 видов, Liliopsida – 5 видов.

Наибольшее число видов отмечено на участке «Лес на Ворскле» (62), 14 из которых включены в ТОП-100 инвазионных видов России (Дгебуадзе и др., 2018), где расположена центральная усадьба заповедника «Белогорье», представлены дендрарий и значительные по площади посадки лесных культур, а наименьшее – «Острасьевы Яры» (23 вида, 9 из ТОП-100), которые занимают всего 90 га площади при отсутствии зданий, хозяйственных сооружений и современных дорог.

В результате анализа жизненных форм по И.Г. Серебрякову (1962) (табл. 1), отмечается, что среди травянистых видов на всех участках заповедника «Белогорье» преобладают монокарпические травы, доля которых составляет от 28,1% «Лысые Горы» до 40,6% «Ямская степь». В тоже время среди древесно-кустарниковых видов преобладают деревья, доля которых составляет от 24,3% («Ямская степь») до 31,3% «Лысые Горы». Только на участке «Лес на Ворскле» преобладают кустарники, их доля составляет 29,0% (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение групп инвазионных видов с разными эколого-биоморфологическими характеристиками, внедрившихся в экотопы заповедника «Белогорье»

Название групп растений	Участки заповедника «Белогорье»				
	ЯС	ЛГ	СИ	ОЯ	ЛВ
	Число видов / %	Число видов / %	Число видов / %	Число видов / %	Число видов / %
Жизненные формы по И.Г. Серебрякову (1962)					
Монокарпические травы	15/40,6	9/28,1	14/37,9	8/34,9	19/30,7
Поликарпические травы	5/13,5	4/12,5	4/10,8	5/21,7	11/17,7
Кустарники	8/21,6	9/28,1	8/21,6	3/13,0	18/29,0
Деревья	9/24,3	10/31,3	11/29,7	7/30,4	14/22,6
Географическое происхождение видов					
Североамериканские	11/29,7	10/31,2	14/37,9	11/47,9	23/37,2
Европейские	15/40,6	14/43,9	12/32,4	7/30,4	17/27,4
Азиатские	3/8,1	2/6,2	4/10,8	2/8,7	8/12,9
Средиземноморские	3/8,1	2/6,2	4/10,8	1/4,3	6/9,7
Сибирские	3/8,1	3/9,4	3/8,1	2/8,7	3/4,8
Южноамериканские	1/2,7	1/3,1	0/0	0/0	1/1,6
Кавказские	0/0	0/0	0/0	0/0	2/3,2
Дальневосточные	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1,6
Причерноморско-прикаспийские	1/2,7	0/0	0/0	0/0	1/1,6
По способу заноса					
Эргазиофиты	17/45,9	17/53,1	16/43,2	10/43,5	32/51,6
Ксенофиты	20/54,1	15/46,9	21/56,8	13/56,5	30/48,4
Всего:	37/100	32/100	37/100	23/100	62/100

Примечание. ЯС – Ямская степь, ЛГ – Лысые Горы, СИ – Стенки-Изгорья, ОЯ – Острасьеви Яры, ЛВ – Лес на Ворскле.

Анализ географического элемента показал, что на 3-х из 5 участков, преобладают североамериканские виды, доля которых составляет от 37,2% «Лес на Ворскле» до 47,9% «Острасьеви Яры». Только на 2-х участках преобладают европейские виды, их доля составляет от 40,6% «Ямская степь» до 43,9% «Лысые Горы» (табл. 1).

Среди разных групп инвазионных видов по способу заноса на 3-х из 5 участках преобладают ксенофиты, доля которых составляет от 54,1% «Ямская степь» до 56,8% «Стенки-Изгорья». Только на 2-х участках преобладают эргазиофиты, их доля составляет от 51,6% «Лес на Ворскле» до 53,1% «Лысые Горы» (табл. 1).

Заключение. В результате многолетних исследований авторов впервые был составлен список инвазионных растений пяти участков заповедника «Белогорье», включающий 70 видов сосудистых растений, 31 вид (44,3%) из которых – появились за последние 30 лет. Необходим дальнейший мониторинг инвазионных видов, с целью изучения их последующего поведения и распространения.

Выражаем признательность за предоставленные сведения из Гербариев: Н.М. Решетниковой (BELZ, МНА), А.В. Щербакову (MW, МНА), Л.Л. Киселевой (ОНИ), А.Я. Григорьевской (VORG), Л.Н. Скользневой (VU), Е.Н. Солнышкиной (ГКМ). Особая благодарность директору заповедника «Белогорье» А.С. Шаповалову за организацию работ на территории заповедника.

Список литературы

- Алехин В.В.* 1940. Флора Центрально-Черноземного заповедника // Тр. Центр.-Черноземн. гос. заповедника. Вып. 1. М. С. 8-144.
- Арбузова М.В.* 2002. Древесные интродуценты в лесных фитоценозах заповедника «Лес на Ворскле» // Лесоведение. № 4. С. 19-23.
- Арбузова М.В.* 2013. Дендрарий заповедника «Белогорье»: 45 лет интродукции // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013. Курск. С. 28-32.
- Бурда Р.И.* 1991. Антропогенная трансформация флоры. Киев: Наукова думка. 168 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В.* 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС. 512 с.
- Григорьевская А.Я.* 1993. Современное состояние растительного покрова мелового бора Стенки-Изгорья (юг Среднерусской возвышенности) и его охрана // Самарская лука. № 4. С. 136-162.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А.* 2018. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М.: Товарищество науч. изд. КМК. 688 с.
- Доронина Ю.А., Нешатаев Ю.Н., Ухачева В.Н.* 1992. Сосудистые растения заповедника «Лес на Ворскле»: Аннотированный список видов. М. 46 с.
- Доронина Ю.А., Нешатаев Ю.Н., Ухачева В.Н.* 1993. Флористический список степной балки «Астрасьев Яр» (Борисовский район Белгородской области) // Вестн. Санкт-Петерб. ун-та. Сер. 3. Биол. Вып. 4. № 24. С. 50-55.
- Золотухин Н.И., Золотухина И.Б.* 1995. Природа Лысых Гор – нового заповедного участка в Белгородской области // Тр. Центр.-Черноземн. гос. заповедника. Вып. 14. М. С. 29-44.
- Золотухин Н.И., Золотухина И.Б.* 2005а. Многолетняя динамика флоры Ямского заповедного участка Белгородской области // Роль заповедников лесной зоны в сохранении и изучении биологического

- разнообразия европейской части России. Рязань. С. 463-472.
- Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. 2005б. Состав и многолетняя динамика флоры Ямского заповедного участка. Заповедный. 81 с.
- Приказ Минсельхоза РФ от 26 декабря 2007 г. № 673 «Об утверждении перечня карантинных объектов»
- Самсонова Л.И. 1971. Сосудисто-споровые и цветковые растения учлесхоза «Лес на Ворскле» // Уч. зап. Ленингр. ун-та. Сер. биол. науки. Вып. 52. № 351. С. 40-97.
- Серебряков И.Г. 1962. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа. 378 с.
- Сухоруков А.П., Кушунина М.А. 2012. Новые данные по адвентивной фракции флоры Белгородской области // Науч. ведом. БелГУ. Сер. Естественные науки. № 21 (140). Вып. 21. С. 40-46.
- Тихомиров В.Н., Девятов А.Г., Полевова С.В., Гузь Г.В. 1996. О флоре заповедника «Лес на Ворскле» // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 101. Вып. 3. С. 82-86.
- Тохтарь В.К., Курской А.Ю. 2019. Инвазионные растения юго-запада Среднерусской возвышенности. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ». 120 с.
- Тохтарь В.К., Курской А.Ю. 2020. Формирование инвазионного компонента флоры Белгородской области за 170 лет. // Бот. журн. 105 (9). С. 854-860. doi: 10.31857/S0006813620090094
- Blackburn T.M., Pyšek P., Bacher S., Carlton J.T., Duncan R.P., Jarošík V., Wilson J.R.U., Richardson D.M. 2011. A proposed unified framework for biological invasions // Trends. Ecol. Evol. Vol. 26. Iss. 7. P. 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
- Pyšek P., Richardson D.M., Rejmanek M., Webster G.L., Williamson M., Kirschner J. 2004. Alien plants in checklists and floras: Towards better communication between taxonomists and ecologists // Taxon. Vol. 53. Iss. 1. P. 131-143. <https://doi.org/10.2307/4135498>
- Pyšek P., Jarošík V., Hulme P.E., Pergl J., Hejda M., Schaffner U., Vilà M. 2012a. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment // Global Change Biol. Vol. 18. Iss. 5. P. 1725-1737. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02636.x>
- Richardson D.M., Holmes P.M., Esler K.J., Galatowitsch S.M., Stromberg J.C., Kirkman S.P., Pyšek P., Hobbs R.J. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects // Divers. Distrib. Vol. 13. Iss. 1. P. 126-139. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00314.x>
- The International Plant Names Index*. 2012. <http://www.ipni.org> (Accessed 12.12.2021).
- Vinogradova Yu.K., Pergl J., Essl F., Hejda M., van Kleunen M., Regional Contributors, Pyšek P. 2018. Invasive alien plants of Russia: insights from regional inventories // Biol. Invas. V. 20. Is. 8. P. 1931-1943. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1686-3>

INVASIVE PLANT SPECIES OF THE AREAS OF THE BELOGORYE NATURE RESERVE

N.I. Zolotukhin¹, A.Yu. Kurskoy², V.K. Tokhtar²

¹Alekhn Tsentralno-Chernozemny State Natural Biospheric Reserve,
Zapovedny vlg.

²Belgorod State National Research University, Belgorod

As a result of many years of research from 1992 to 2021, a list of invasive plants was compiled for the first time for all five sites of the Belogorye Reserve (Belgorod Region), including 70 species of vascular plants. The largest number of invasive species is represented on the site «Les na Vorskle» (62, 14 of which are in the TOP 100 invasive species of Russia), and the smallest – on the site «Ostrasevy Yary» (23, 9 of which are in the TOP 100). Rospotrebnadzor for the territory of the Russian Federation indicates 6 species and 1 genus (*Cuscuta* spp.). Only two species are recorded in the areas of the Belogorye Reserve: *Cuscuta campestris* Yuncker – found in four of the five sites (except for the «Lysye Gory» site) and *Ambrosia artemisiifolia* L. – found only in the areas of «Les na Vorskle» and «Stenki-Izgorya».

Keywords: *alien plant species, South-west of the Central Russian upland, Belgorod region, Belogorye Nature Reserve.*

Об авторах:

ЗОЛОТУХИН Николай Иванович – старший научный сотрудник, Центральное-Черноземный государственный природный биосферный заповедник имени проф. В.В. Алехина, 305528, пос. Заповедный, Курский п-н, Курская обл.; e-mail: zolotukhin@zapoved-kursk.ru.

КУРСКОЙ Андрей Юрьевич – заведующий сектором природной флоры Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: kurskoy@bsu.edu.ru.

ТОХТАРЬ Валерий Константинович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, директор Научно-образовательного центра «Ботанический сад НИУ «БелГУ» ФГАОУ «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308015, Белгород, ул. Победы д. 85; e-mail: tokhtar@bsu.edu.ru.

Золотухин Н.И. Инвазионные виды растений участков заповедника «Белогорье» (Белгородская область) / Н.И. Золотухин, А.Ю. Курской, В.К. Тохтарь // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 133-149.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 571.118
DOI: 10.26456/vtbio260

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ КРОВИ КОЗЛЯТ

М.Ш. Газиева

Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный

Нарушение баланса микроэлементов считается одной из часто диагностируемых проблем. -з иногда дефицит микроэлементов может протекать без каких-либо клинических проявлений. В этом свете клинический интерес к определению микроэлементов для диагностики различных заболеваний в последние годы возрос. Метаболизм микроэлементов может быть связан с поступлением их и доступностью в пищу, абсорбцией, распределением, экскрецией, мобилизацией, хранением и биохимической активностью. В целях оптимизации микроэлементного обмена животных в биогеохимическом регионе нами изучено влияние комплексонов, приготовленных на основе этилендиаминдигидратной кислоты, на гемопозитические показатели животных. Результаты показали положительное влияние микродобавок на гемопозитические показатели козлят.

Ключевые слова: *микронгредиенты, комплексоны, микроэлементы.*

Введение. Полнорационное кормление козлят требует детализированного нормирования всех компонентов суточного рациона, где уровень содержания и оптимальное соотношение трофических веществ будет находиться на оптимальном уровне, что обеспечит реализацию генетических задатков и планируемой продуктивности в возрастной динамике разводимых животных. Для этого требуется обеспечение суточного рациона питательными веществами, такими как: белки, углеводы, липиды, витамины и минеральные вещества - с учетом породы, пола, возраста, живой массы, физиологического состояния и планируемой продукции.

При нарушении адекватного поступления мономеров питательных веществ нарушается естественный ход метаболических процессов, лежащих в основе конституционального становления организма, что влечет за собой отставание в росте и развитии, снижение окупаемости рациона, ухудшение иммунитета.

Важным фактором в создании эффективной системы питания животных является сбалансированный суточный рацион, который и будет гарантировать нормальное развитие и ход физиологических процессов в организме животных.

Результативность применения макро- и микроэлементов в рационе зависит от степени сбалансированности суточной нормы по полезным и биологически активным веществам, уровня переработки и отложения в запас минеральных веществ, взаимной реакции и реакции с другими питательными веществами в процессе абсорбции, переноса и выведения, от положения контролирующих систем, от морфологического, физиологического состояния животных Георгиевский (1979). Использование всего разнообразия минеральных веществ как в органических, так и в неорганических формах способствует лучшему их усвоению и решает проблему дефицита минеральных веществ.

Данный вопрос весьма обстоятельно изучен отечественной и зарубежной наукой, но на практике при составлении рациона не всегда удается нивелировать концентрационный статус изучаемых минеральных элементов.

Исходя из выше сказанного целью наших исследований являлось изучение микро- и ультрамикроэлементов в составе рациона в условиях их недостаточного и диспаритетного поступления.

Методика. суточном рационе выращиваемого молодняка козлят в зоне их гетерогенного поступления.

Биохимические исследования крови проведены на автоматизированном биохимическом анализаторе для диагностического тестирования цельной крови. Биометрическая обработка полученного цифрового материала по методу Плохинского Н.А.

Таблица 1

Схема кормления

Исследуемые группы	Количество вариантов	Условия кормления и ингредиентный состав микродобавок
Первая контрольная	10	Основной рацион (ОР)
Вторая опытная	10	Основной рацион + хелатные соли железа, меди, кобальта, цинка, марганца

Впервые нами использованы инновационные соли эссенциальных нормируемых микроэлементов, приготовленные на базе этилендиаминдигидратной кислоты, в качестве микродобавок в

Уровень содержания мономеров питательных и других жизненно необходимых веществ в крови достаточно объективно влияет на все биохимические и физиологические процессы, лежащие в основе роста и развития Зайналабдиева (2016).

В процессе роста и развития выращиваемых козлят и других видов животных требуется детализированное нормирование всех питательных веществ, в том числе и минеральных элементов. Как известно, на разных этапах онтогенеза требуется адекватный композиционный состав трофического материала и соответствующая корректировка соотношения, уровня содержания минеральных элементов, так как они выполняют многочисленные функции, в частности, участие в эритропоэзе, лейкопоэзе, гемопоэзе, окислительно-восстановительных оксидоредуктазных реакциях, осмоляльности плазмы крови, а также в регуляции многочисленных физиолого-биохимических превращениях.

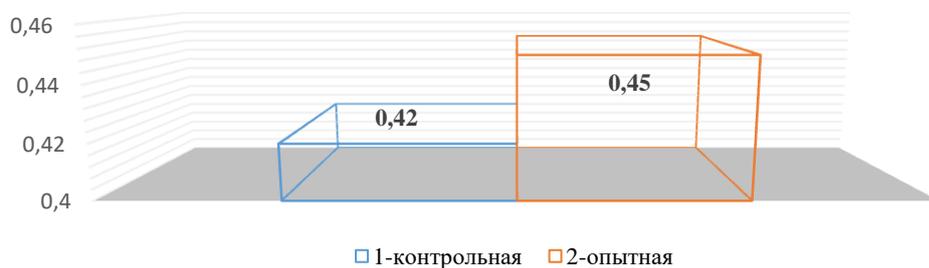
Результаты и обсуждение. В процессе проведения опыта нами изучены, наряду с другими физиолого-биохимическими показателями, такие индикаторы, как гематокрит, эритроциты, гемоглобин, цветной показатель, кислородная емкость, ретикулоциты, билирубин общий, билирубин прямой, билирубин непрямой и реакция оседания эритроцитов (РОЭ, или СОЭ).

Таблица 2
Статус физиолого-биохимических показателей системы крови

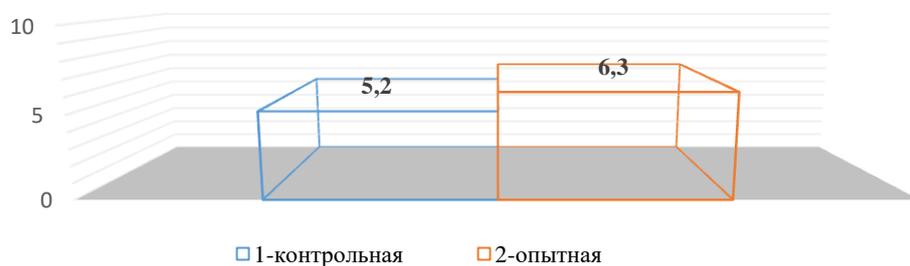
Показатели	Единицы измерения	Экспериментальный группы	
		1-контрольная	2-опытная
Гематокрит	%	0,42	0,45
Эритроциты	млн/1 мм ³	5,2±0,41	6,3±0,52***
Гемоглобин	г/л	92±7,6	105±8,4**
Цветной показатель	–	0,86	0,98
Кислородная емкость	мл/л	123,3	140,7**
Ретикулоциты	%	2,6±0,18	2,8±0,21
Билирубин общий	мкмоль/л	4,38±0,29	4,93±0,35*
Билирубин прямой	мкмоль/л	1,88±0,14	2,4±0,16***
Билирубин непрямой	мкмоль/л	2,5±0,21	2,53±0,23
РОЭ (СОЭ)	мм/г	3,1±0,12	2,7±0,14

Примечание. *, **, *** – статистически значимые различия.

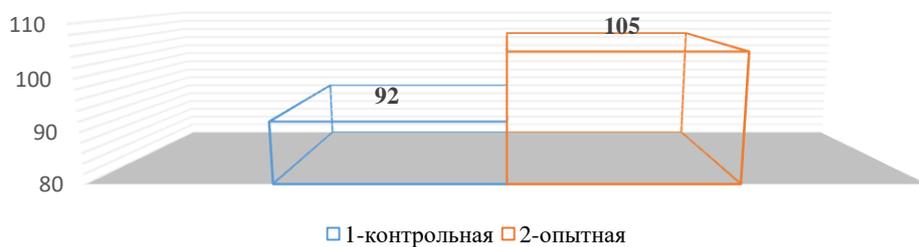
ГЕМАТОКРИТ, %



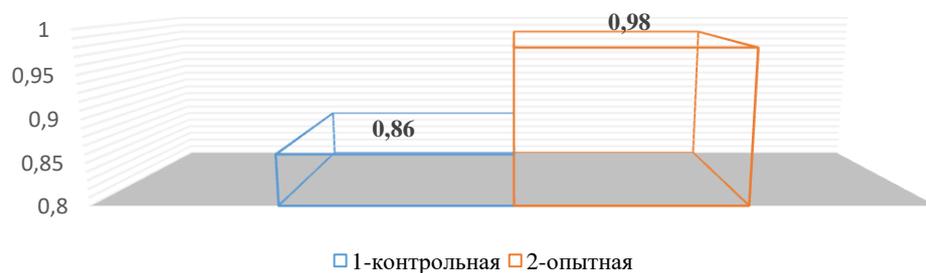
ЭРИТРОЦИТЫ, МЛН/1 ММ³



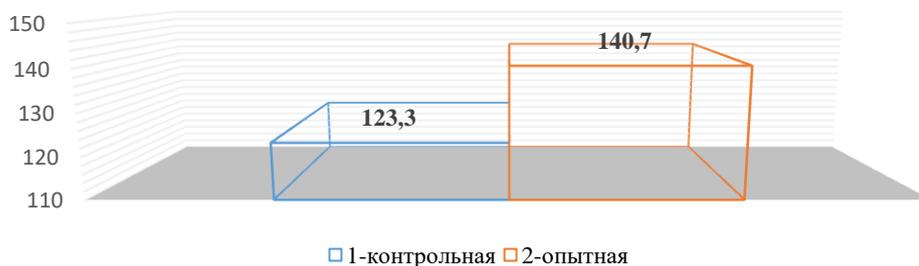
ГЕМОГЛОБИН, Г/Л



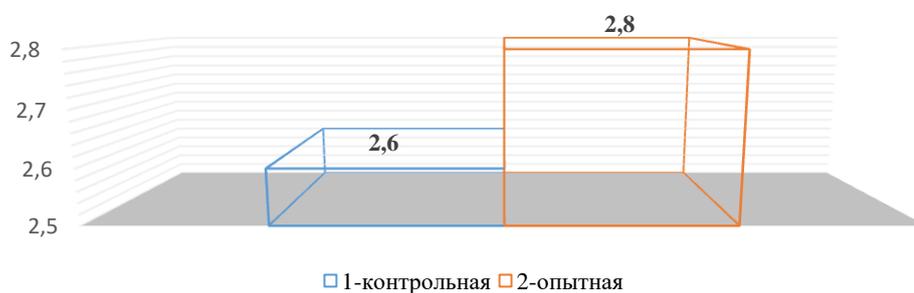
ЦВЕТНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ



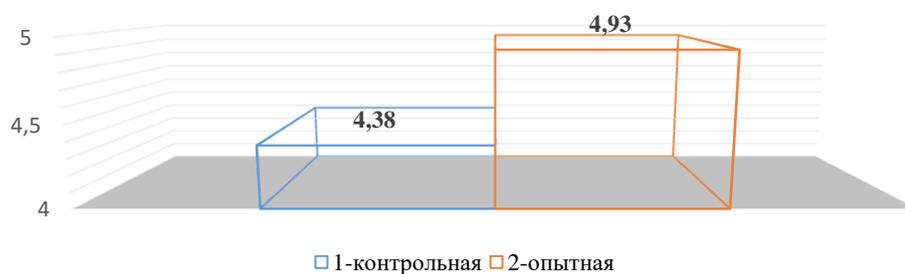
КИСЛОРОДНАЯ ЕМКОСТЬ, МЛ/Л



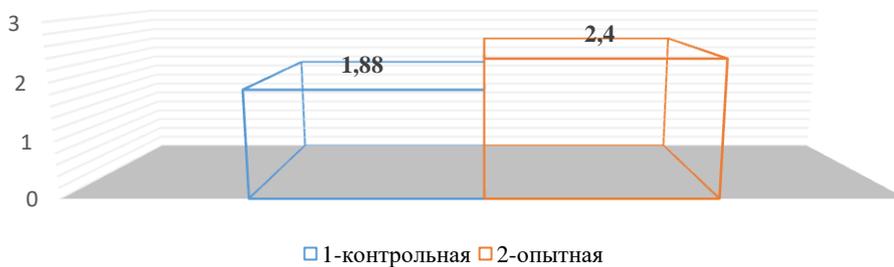
РЕТИКУЛОЦИТЫ, %



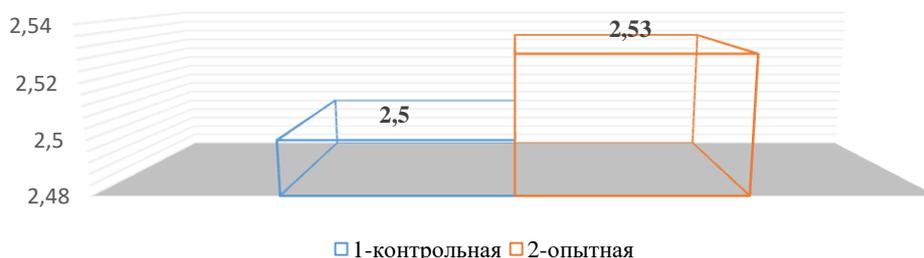
БИЛИРУБИН ОБЩИЙ, МКМОЛЬ/Л



БИЛИРУБИН ПРЯМОЙ, МКМОЛЬ/Л



БИЛИРУБИН НЕПРЯМОЙ, МКМОЛЬ/Л



РОЭ (СОЭ), ММ/Г

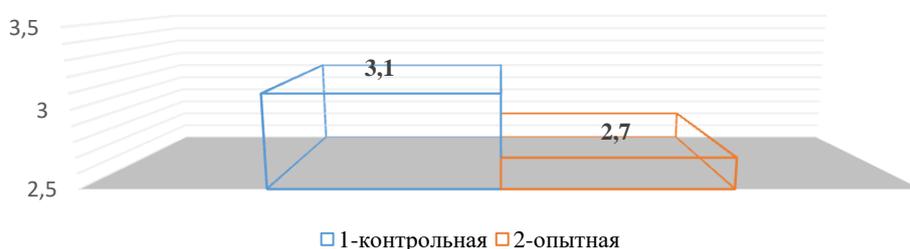


Рис. 1. Статус физиолого-биохимических показателей системы крови

Перечисленные показатели крови, согласно таблице 2, характеризуют жизненный цикл эритроцитов и их функциональное состояние, а именно оксигенацию органов и тканей, составляющую основу аэробного окисления всех органических субстратов, сопряженного образования и синтеза энергоаккумулирующих макроэргических соединений, необходимых для всех частных и общих метаболических трансформаций, определяющих рост и развитие организма на разных этапах онтогенеза.

Согласно табулированному материалу (таблица 2), количество эритроцитов в контрольной группе составляет $5,2 \pm 0,41$ млн/1 мкл, когда в опытной группе $6,3 \pm 0,52$ млн/1 мкл. Рост значения показателя составляет 21%. То есть эритропоэтическое действие жизненно необходимых микроэлементов, алиментируемых в хелатированной форме, имеют значительный индуцирующий эффект, что непременно отразится на интенсивности метаболических процессов в растущем организме козлят.

Изучение показателя гематокрита экспонирует не только соотношение форменных элементов в крови к общему объему крови, но и имеет перmissive значение при определении эритроцитарных индексов, таких как: средняя концентрация гемоглобина в

эритроцитах, средний объем эритроцитов, показатель анизоцитоза эритроцитов и других. Согласно экспериментальным данным нашего исследования, показатель гематокрита в контрольной группе составляет 0,42%, когда в контрольной комплексонатов 0,45%. То есть удельный вес форменных элементов в опытной группе увеличивается по сравнению с интактной на 7,1%, что в конечном итоге позитивно отразится на морфологическом составе крови и повышении общего обмена.

Согласно материалу вышеуказанной таблицы 2, мы отмечаем индуцированное повышение гемоглобина в группе комплексонатов относительно контрольной группы на 13 г/л (14,3%), при этом результат носит достоверный характер ($P > 0,99$). Отсюда делаем вывод о том, что алиментирование гемопоэтических микроингредиентов достоверно индуцирует эритропоэз в кроветворных органах и тканях, что приводит к повышению количества эритроцитов и гемоглобина, оптимизации характерных им функций и свойств крови.

В систему функционирования эритроцитов и гемоглобина входят стволовые клетки красного костного мозга, ретикулоциты, эритроциты, гемоглобин, общий билирубин (конъюгированный и неконъюгированный).

Показатели общего билирубина в исследуемых группах достигали следующие значения: в первой контрольной группе – $4,38 \pm 0,29$ и во второй опытной группе – $4,93 \pm 0,35$ мкмоль/л. Разница при этом составляет 0,55 мкмоль/л (12,6%) с концентрационной асимметрией в сторону опытной группы. Наиболее высокая интенсивность гемоглобинного обмена наблюдается группе комплексонатов микроэлементов.

Также соотношение прямого билирубина к непрямому билирубину имеет огромное индикаторное значение в плане их детоксикации.

При деградации одного грамма гемоглобина в гепатоцитах образуется тридцать четыре миллиграмма билирубина. Как известно, концентрация свободного неконъюгированного билирубина при избыточном накоплении может оказать токсическое действие, так как из-за своей липофильности легко может диффундировать через гематоэнцефалический барьер.

Содержание прямого билирубина в крови согласно табличному материалу в контрольной группе составляет $1,88 \pm 0,14$ мкмоль/л и во второй опытной группе – $2,4 \pm 0,16$ мкмоль/л. Разность при этом составляет 0,52 мкмоль/л (27,6%) в пользу опытной группы.

Билирубин непрямой в контрольной группе составляет $2,5 \pm 0,21$ мкмоль/л, во второй опытной группе – $2,53 \pm 0,23$ мкмоль/л. То есть, уровень содержания непрямого билирубина как в контроле, так и в

опытной группе эквивалентны. Однако, концентрация прямого билирубина во второй опытной группе выше, что свидетельствует о некотором понижении детоксикации, связанной с гипомикроэлементной этиологией.

Ретикулоциты – это молодые эритроциты или предшественники эритроцитов, которые образуются из нормобластов после элиминации нуклеуса. В норме количество ретикулоцитов варьируют от 10 до 50%, а у взрослых – 2-12%, или 0,2-1,2%. Количество ретикулоцитов индикаторно отражает регенераторный потенциал красного костного мозга.

По результатам нашего экспериментального исследования установлено влияние комплексонов микроэлементов на индукцию ретикулоцитов. В контрольной группе количество ретикулоцитов составляет $2,6 \pm 0,18\%$ и в опытной группе – $2,8 \pm 0,21\%$.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ и РОЭ) зависит от многочисленных факторов, таких, как количество эритроцитов, объем эритроцитов, величина или их размеры, содержание гемопротеида в эритроцитах, состав и соотношение плазменных белков, вязкость крови и другие биологические факторы.

В нашем случае скорость оседания эритроцитов в контрольной группе составляет – $3,1 \pm 0,12$ мм/ч, при этом во второй она составила $2,7 \pm 0,14$ мм/ч. Причиной подобного расхождения, выявляемого при сопоставлении данных согласно таблице 2 и рис. 1, в исследуемых группах является повышение уровня эритроцитов и гемоглобина в опытной группе, последнее является результатом применения комплексонов микроэлементов.

Уровень содержания общего белка и соотношение альбуминов и глобулинов имеют огромное индикаторное, профилактическое и диагностическое значение при изучении физиолого-биохимического статуса крови и целостного организма исследуемых животных.

Таблица 3

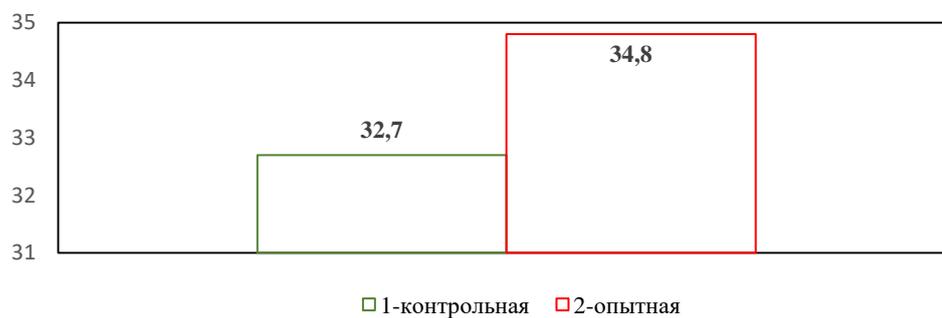
Статус общего белка и белковых фракций в плазме системы крови

Показатели	Система СИ	Экспериментальный группы	
		1-контрольная	2-опытная
Общий белок	г/л	$65,8 \pm 5,4$	$70,1 \pm 5,9$
Альбумины	г/л	$32,7 \pm 2,1$	$34,8 \pm 2,8$
Глобулины	г/л	$33,1 \pm 2,3$	$35,3 \pm 2,5$
A/G	г/л	0,98	0,98
Карбамид	мкмоль/л	$1,98 \pm 0,17$	$2,05 \pm 0,21$

ОБЩИЙ БЕЛОК, Г/Л



АЛЬБУМИНЫ, Г/Л



ГЛОБУЛИНЫ, Г/Л



А/Г





Рис. 2. Статус общего белка и белковых фракций в плазме системы крови

Уровень содержания общего белка в плазме крови по результатам нашего исследования согласно таблице 3 и рис. 3 в контрольной группе составляет $65,8 \pm 5,4$ г/л, когда во второй опытной группе оно составляет $70,1 \pm 5,9$ г/л. Среднеарифметические результаты нашего экспериментального исследования находятся в диапазоне нормы, как в контроле, так и в опытной группе. Следовательно, все исследуемые животные были здоровыми и уровень функционирования белкового обмена находился в норме. Однако, наличие общего белка в опытной группе послужило причиной повышения протеиногенеза в печени на 6,5% относительно интактной группы. Следовательно, микроэлементная рационализация суточного рациона обеспечивает оптимизацию функции печени, реализация которой способствует поддержанию белкового гомеостаза в системе крови.

Уровень содержания альбуминов в плазме крови в контрольной группе составил $32,7 \pm 2,1$ г/л, когда во второй опытной группе он достиг значения в $34,8 \pm 2,8$ г/л. Превалирование показателей второй опытной группы над показателями интактной группы составляет 2,1 г/л, или 6,4%. Таким образом, пероральное применение комплексонатов микроэлементов значительно улучшает обмен альбуминов, период полураспада которых доходит до семи дней и интенсивность синтеза в печени составляет 10-12 г в сутки.

Концентрационный статус глобулинов, определенный в рамках нашего исследования, убедительно демонстрирует наличие зависимости синтеза глобулинов от содержания изучаемых нами эссенциальных микроэлементов в суточном рационе.

Концентрационный фон глобулинов в плазме крови в контрольной группе составляет $33,1 \pm 2,3$ г/л и во второй опытной – $35,3 \pm 2,5$ г/л, разность при этом составляет 2,2 г/л в пользу группы комплексонатов микроэлементов. Следовательно, микроингредиентная

индукция синтеза глобулинов в клетках печени увеличивается на 6,6%, по сравнению с контролем, что позволяет лучше раскрыть генетически потенциальные возможности печени и улучшить функции глобулинов в системе крови.

Альбумино-глобулиновое соотношение плазменных белков характеризует физиологическое состояние и адекватность обеспечения организма полноценными белками в суточном рационе и другие условия содержания и разведения. Как известно, на неполноценное белковое нормирование суточного рациона реагирует альбуминовая фракция плазменных белков, что приводит к развитию гипоальбуминемии, нарушению функций системы крови и отставанию в росте и развитии.

Зачастую увеличение глобулинов происходит при развитии патологических отклонений в организме (гиперглобулинемия). Альбумино-глобулиновый коэффициент согласно многочисленным авторитетным исследованиям в норме находится в пределах от 1,2 до 2,0 у.е. В результате проведения исследования согласно методике опытного дела нами получены следующие показатели А/Г коэффициента: в контрольной группе – 0,98 у.е. и во второй опытной – 0,98 у.е.

То есть, синтез и функциональное участие в метаболических процессах как альбуминов, так и глобулинов происходят в физиологическом диапазоне нормы. Некоторое преобладание А/Г коэффициента в исследуемых группах, как мы склонны считать, связаны с возрастной особенностью и условиями кормления и разведения козлят.

Терминальный продукт карбамид (мочевина) указательно отражает интенсивность дезаминирования аминокислот и других азотосодержащих соединений и их детоксикацию в орнитиновом цикле мочевинообразования в печени.

Концентрационный фон карбамида в плазме крови контрольной группы составляет $1,98 \pm 0,17$ мкмоль/л и во второй опытной группе – $2,05 \pm 0,2$ мкмоль/л. Интенсивность образования аминного азота и его детоксикация в цикле мочевинообразования на 3,5% выше в опытной группе по сравнению с контролем.

Как мы убедились, согласно статистическому материалу таблицы 3, содержание белка в плазме крови опытной группы было выше по сравнению с контролем, что обусловлено интенсивностью белкового метаболизма.

Выводы. Алиментарное применение органических солей эссенциальных микроэлементов в рационе растущих козлят в пределах 15-25% от суточной потребности приводит к следующим изменениям

показателей крови при сопоставлении данных опытной группы с данными интактной группы:

1) повышению количества эритроцитов на 21,1%, гемоглобина - на 14,1%, цветного показателя – на 14,0% и коллекторного показателя – кислородной емкости крови на 14,1%; 2) увеличению концентрационного фона общего белка на 6,5%, альбуминов на 6,4%, глобулинов на 6,6%.

Список литературы

Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т. 1979. Минеральное питание животных. М.: Колос.

Зайналабдиева Х.М. Арсанукаев Д.Л. 2016. Алиментация стабилизированных микронутриентов – способ оптимизации физиолого-биохимических показателей крови // Материалы конференции «Ветеринарная медицина – теория, практика и обучение». СПб. 2016.

THE INFLUENCE OF ESSENTIAL MICROADDITIVES ON THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE BLOOD OF KIDS

M.S. Gazieva

Millionshchikova Grozny State Petroleum Technical University, Grozny

The imbalance of trace elements is considered one of the most commonly diagnosed problems. However, sometimes micronutrient deficiencies can occur without any clinical manifestations. In this light, clinical interest in the determination of trace elements for the diagnosis of various diseases has increased in recent years. The metabolism of trace elements can be associated with their intake and availability in food, distribution, absorption, excretion, mobilization, storage and biochemical activity. In order to optimize the microelement metabolism of animals in the biogeochemical region, we studied the effect of complexonates prepared on the basis of ethylenediamine-succinic acid on the hematopoietic parameters of animals. The results showed a positive effect of micro-additives on hematopoietic parameters of kids.

Keywords: *micro-ingredients, complexonates, microelements.*

Об авторе

ГАЗИЕВА Милана Шерваниевна – ассистент кафедры «Технологии продуктов питания и бродильных производств» ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, проспект имени Хусейна Абубакаровича Исаева, д. 100; e-mail: melana.gazieva@inbox.ru.

Газиева М.Ш. Физиолого-биохимические показатели системы крови козлят / М.Ш. Газиева // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 150-161.

УДК 571.118
DOI: 10.26456/vtbio261

ИНДУЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОНАТОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЛЕЙ НА ЦИТО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КОЗЛЯТ

**Л.В. Алексеева¹, Д.Л. Арсанукаев², Х.М. Зайналабдиева²,
Е.Д. Миловидова^{1,3}**

¹Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь

²Чеченский государственный университет им.А.А.Кадырова, Грозный

³Тверской медицинский государственный университет, Тверь

Алиментарное использование инновационных координационных солей микроэлементов, приготовленных на основе этилендиаминдиантарной кислоты, имеют высокую абсорбционную и селективно депонирующую способность в критических органах и тканях, что влияет на гемопозитические функции кроветворных органов. Применение в составе рациона хелатированных форм микроэлементов обеспечило оптимизацию цитологического состава крови и биохимического статуса, что конвергируется на конституциональном становлении генома особей опытной группы. Применение минерального препарата «Silaccess» положительно влияет на гемопозитические функции кроветворных органов, способствует повышению гемоглобина и уменьшает воспалительные процессы в организме.

Ключевые слова: алиментарное, этилендиаминдиантарная кислота, энзиматическая активность, гематокрит, терминальные продукты, гомеостаз, цитологический состав, биохимический состав, пластический материал, эритропоэз, кислородная емкость и цветной показатель.

Введение. Кровь, как сложная гетерогенная система, характеризуется многофазностью, имеет слабощелочную реакцию с рН-оптимумом 7,3-7,5, плотностью 1050 – 1060. На долю системы крови в организме приходится 10% (6-15%) от массы тела. Морфологический и биохимический состав крови здорового организма имеет константный гомеостаз. Химический состав крови складывается из белков, липидов, углеводов, гормонов, витаминов, минеральных элементов и различных терминальных продуктов. В цитологическом составе крови 40-45% занимают эритроциты, лейкоциты и тромбоциты, а плазма – 55-65%. В физиологически здоровом организме, несмотря на постоянное поступление и экскрецию из него различных веществ, сохраняется гомеостатическое равновесие. Интенсивность метаболических процессов зависит от обеспеченности организма пластическим материалом.

© Алексеева Л.В., Арсанукаев Д.Л.,

- 162 - Зайналабдиева Х.М., Миловидова Е.Д.,
2022

Методика. Основываясь на концепции нашего экспериментального исследования физиологических показателей крови, мы изучили следующие показатели крови: гематокрит, количество эритроцитов, содержание гемоглобина, цветной показатель, кислородная емкость, количество лейкоцитов, тромбоцитов и скорость оседания эритроцитов (СОЭ, РОЭ).

Показатель гематокрита (табл. 2) характеризует общее соотношение между цитологическим составом крови и общим объемом крови, то есть объемное соотношение между форменными элементами и плазмой крови. Результаты нашего экспериментального исследования указывают на значительное повышение гематокрита в опытной группе относительно контроля. В частности, гематокрит в контрольной группе составил $40,1 \pm 3,80$ л/л, когда в опытной – $44,3 \pm 3,92$ л/л, разность при этом составляет 4,2 л/л (10,47%) в пользу опытной группы, где были использованы микродобавки микроэлементов. То есть применение в составе рациона комплексонатов микроэлементов обеспечило гемопоз.

Таблица 1

Схема кормления исследуемых животных

Исследуемые показатели	Условия кормления
I-контрольная	Основной рацион (ОР)
II-опытная	ОР+Биодобавки (ЭДДЯК Fe,Cu,Zn,Mn+KI)

Результаты и обсуждение. Красные кровяные клетки составляют основную массу форменных элементов крови. Их образование происходит из стволовых полипотентных клеток красного костного мозга. Непосредственными предшественниками эритроцитов являются ретикулоциты, которые у взрослых животных составляют примерно от 5-10% от эритроцитарной массы (от всех эритроцитов крови) (Баранникова, Батуев, 2001). Среднее статистическое обновление эритроцитов в сутки составляет 0,8-2,0%. Продолжительность жизненного цикла составляет примерно 100-120 дней.

По данным нашего эксперимента (табл. 2) мы отмечаем значительное увеличение количества эритроцитов в группе комплексонатов относительно контрольной группы. Количество эритроцитов в контрольной группе составляет $5,3 \pm 0,34$ млн/мкл и во второй опытной – $6,2 \pm 0,41$ млн/мкл. Пероральное применение гемопозитических, эссенциальных элементов обеспечило увеличение эритропоэза (количество эритроцитов) на 0,9 млн/мкл (17%) и эти показатели достоверны по отношению к результатам интактной группы. Отсюда мы видим, что применение жизненно необходимых микроэлементов в зоне их недостаточного и несочетаемого

поступления оптимизирует многочисленные функции системы крови, лежащие в основе морфофункционального становления и оформления органов и систем целостного организма.

Таблица 2

Физиологические показатели крови

Исследуемые показатели	Исследуемые группы	
	I-контрольная	II-опытная
Гематокрит, л/л	40,1±3,80	44,3±3,92*
Эритроциты, млн/мкл	5,8±0,34	6,2±0,41**
Гемоглобин, г/л	89,6±5,16	110,0±6,32
Цветной показатель	0,90±0,05	0,99±0,07
Кислородная ёмкость, мл/л	133,46±3,24	147,40±10,3*
Лейкоциты, тыс/мкл	4,7±0,31	4,9±0,36
Тромбоциты, тыс/мкл	274±14,2	281±15,3
СОЭ, мм/ч	2,6±0,15	2,4±0,12

Примечание. *P≥0,95, ** P≥0,99



Рис. 1. Физиологические показатели крови

Цветной показатель системы крови экспонирует соотношение между гемоглобином и эритроцитарной массой. По насыщению эритроцитов гемоглобином можно определить наличие гипо-, нормо- и гиперхромной анемии (Баранникова, Батуев, 2001). На основе результатов, полученных в ходе проведенного исследования, нами было установлено, что во всех группах цветной показатель находился в диапазоне нормы, но имелась некоторая асимметрия в пользу опытной группы. Применение комплексонатов гемопозитических микроэлементов обеспечило увеличение цветного показателя на 0,09 в опытной группе по сравнению с контролем. Цветной показатель в контрольной группе составил 0,90±0,05, когда в опытной – 0,99±0,07. Нормативный диапазон данного показателя составляет 0,8-1,1.

В тесной корреляции с цветным показателем находятся размеры кислородной емкости крови, что указывает на максимально возможное насыщение гемоглобина крови кислородом и диоксидом углерода. По мере увеличения гемоглобина и цветного показателя крови вероятность оксигенации тканей и клеток значительно увеличивается, что аксиально может отразиться на акселерации аэробного окисления органических энергодативных субстратов на субклеточном уровне (Зайналабдиева, Арсанукаев, 2006).

Кислородная емкость крови в контрольной группе составляет $133,46 \pm 8,24$ мл/л и во второй опытной группе – $147,40 \pm 10,3$ мл/л. Разность при этом находится в пределах $10,4$ мл/л ($P > 0,95$) в пользу комплексонов. Таким образом, детализированное нормирование хелатированных форм жизненно необходимых гемопоэтических микроэлементов наилучшим образом обеспечивает ткани кислородом и элиминацию диоксида углерода из клеток, что непременно отразится на интенсивности роста и развития в онтогенетической реализации и становлении генома.

Белые кровяные клетки или лейкоциты происходят из одной полипотентной стволовой клетки, дающей начало бесцветным клеткам моноцитарного, гранулоцитарного и лимфоцитарного ряда. Моноциты и гранулоциты образуются в красном костном мозге, а лимфоциты, ответственные за гуморальный иммунитет, проходят стадию становления в тимусе, лимфотических узлах и селезенке. Кроме лимфоцитов, все остальные формы лейкоцитов принимают участие в образовании клеточного иммунитета. Жизненный цикл большинства лейкоцитов имеет короткий период полураспада, то есть живут от нескольких часов до нескольких дней (Баранникова, Батуев, 2001).

Общее количество лейкоцитов (табл. 2) в первой контрольной группе составило $4,7 \pm 0,31$ тыс/мкл и во второй опытной – группе $4,9 \pm 0,36$ тыс/мкл. В результате микроэлементной индукции лейкопоэза численность лейкоцитов в группе комплексонов увеличилась на 4,3% относительно интактной группы. Вероятность поддержания генетического гомеостаза увеличивается в группе комплексонов по сравнению с контрольной группой.

Кровяные пластинки или тромбоциты образуются в красном костном мозге из полипотентных стволовых клеток и принимают непосредственное участие в свертывании крови. В системе крови сельскохозяйственных животных содержание тромбоцитов варьирует в диапазоне $200 - 450$ тыс/мкл. В нашем исследовании численность тромбоцитов в контрольной группе составила $274 \pm 14,3$ тыс/мкл и второй – $281 \pm 15,3$ тыс/мкл с разницей при этом в 7 тыс/мкл (2,6%) в пользу опытной группы. Таким образом, микроэлементная профилактика животных второй опытной группы несколько повлияла

и на концентрационный фон тромбоцитов, повышая и оптимизируя эквивалентный баланс между свертывающей и антисвертывающей системами крови.

Скорость оседания эритроцитов носит информативный характер при диагностике организма. Скорость оседания эритроцитов зависит от числа, размеров и уровня содержания белка в крови. Особенно СОЭ повышается при гипоальбунемии и положительном изменении статуса иммуноглобулинов, липопротеинов, фибриногена, церрулоплазмينا. Зачастую увеличение СОЭ сопровождается нарушением альбумино-глобулинового индекса. Также СОЭ зависит от возраста, пола, физиологического состояния и полноценного питания.

Согласно статистическому материалу (табл. 2, рис. 1) нашего экспериментального исследования, скорость оседания эритроцитов в контрольной группе составила $2,6 \pm 0,15$ мм/ч и в опытной – $2,4 \pm 0,12$ мм/ч. Как мы видим из результатов опыта, СОЭ в контроле несколько выше относительно опытной группы и эта разница составила 0,2 мм/ч. Мы объясняем такое статическое расхождение следующим образом. По мере увеличения количества эритроцитов в единице объема крови из-за наличия одноименных зарядов на поверхности взаимное отталкивание между ними возрастает, что непременно отражается на снижении СОЭ.

Общие липиды плазмы крови включают в себя общий холестерол, β -липопротеиды, триглицериды, ХС-ЛПВП, ХС-ЛПНП и ХС-ЛПОНП. Как известно, липидный состав крови отражает синтез и происхождение липидов в организме. В частности, общие липиды влияют на липолитическую активность ферментов липидного метаболизма. Согласно табличному материалу, концентрационный статус общих липидов в контрольной группе составил $6,04 \pm 0,28$ усл. ед., в опытной группе – $7,12 \pm 0,36$ усл. ед., увеличение концентрационного статуса общих липидов в опытной группе по сравнению с интактной группой имело разницу в 17,9%. По всей видимости, достоверное увеличение общих липидов тесно связано с микроэлементной оптимизацией функции микрофлоры и микрофауны экосистемы полигастричных животных, что и обеспечило их абсорбцию, ведущую к повышению их общего фона в плазме крови.

Изученный нами общий холестерол также по своему происхождению может быть продуктом метаболического преобразования углеводов в гепатоцитах. Общий холестерол в контрольной группе составил $5,84 \pm 0,24$ ммоль/л, когда в опытной – $6,23 \pm 0,28$ ммоль/л. Во второй опытной группе общий холестерол увеличился на 6,7%, что убедительно свидетельствует о

целесообразности использования микродобавок в составе рациона растущего организма.

Также хелатированные соли микроэлементов оказали значительное влияние и на статус β -липопротеидов крови. В частности, содержание β -липопротеидов в опытной группе превосходило данные контроля и составило в первой контрольной группе $64,0 \pm 4,57$ ммоль/л и во второй опытной группе $72,0 \pm 5,34$ ммоль/л, в процентном выражении эта разница составила 12,5%.

В спектре общих липидов триглицериды имеют большое индикаторное значение, они характеризуют уровень утилизации трофического материала гастро-энтерального происхождения (табл. 3, рис. 2). При этом уровень содержания триглицеридов заметно возрос в опытной группе по сравнению с контролем, и эта разница в контроле составила 7,7%. Концентрационный фон триглицеридов составил $0,78 \pm 0,05$ ммоль/л и во второй опытной группе $-0,84 \pm 0,06$ ммоль/л. На основании наших эмпирических данных мы склонны считать, что по мере оптимизации микроэлементного статуса в суточном рационе исследуемых животных опытной группы первый этап гидролиза и в последующем абсорбция структурных компонентов нейтральных жиров, ресинтез в стенке кишечника и последующая диффузионная миграция к акцепторным органам и тканям заметно возрастает, что непременно отражается на энергодативной и других пластических трансформациях триглицеридов.

Таблица 3

Липиды и липидный состав в системе крови

Исследуемые показатели	Исследуемые группы	
	I-контрольная	II-опытная
Общие липиды, усл.един.	$6,04 \pm 0,28$	$7,12 \pm 0,36^{**}$
Общий холестерол, ммоль/л	$5,84 \pm 0,24$	$6,23 \pm 0,28$
β -липопротеиды, ммоль/л	$64,0 \pm 4,57$	$72,0 \pm 5,34^*$
Триглицериды, ммоль/л	$0,78 \pm 0,05$	$0,84 \pm 0,06$
ХС-ЛПВП, ммоль/л	$1,30 \pm 0,09$	$1,48 \pm 0,11$
ХС-ЛПНП, ммоль/л	$3,42 \pm 0,24$	$3,56 \pm 0,27$
ХС-ЛПОНП, ммоль/л	$0,53 \pm 0,04$	$0,63 \pm 0,05^{***}$

Примечание. * $P \geq 0,95$, ** $P \geq 0,99$, *** $P \geq 0,999$

Липидная фракция ХС-ЛПВП по своему химическому составу включает в себя белки (50%), фосфолипиды (27%), холестерол (4%), эстерофицированный холестерол (16%), триацилглицериды (3%). Состояние фракции ХС-ЛПВП позволяет определить ход и протекание процессов транспортировки и удаления избытка холестерола из периферических клеток и тканей с последующей доставкой в гепатоциты печени, где происходит деструкция и последующая

элиминация из организма. Образование ХС-ЛПВП происходит в печени. Основными аполипопротеинами являются А-I, С-2 и Е. Диаметр ЛПВП-частиц составляет 7-15 нм., плотность при этом составляет 1,06-1,21 г/мл (Филипович, 2005).

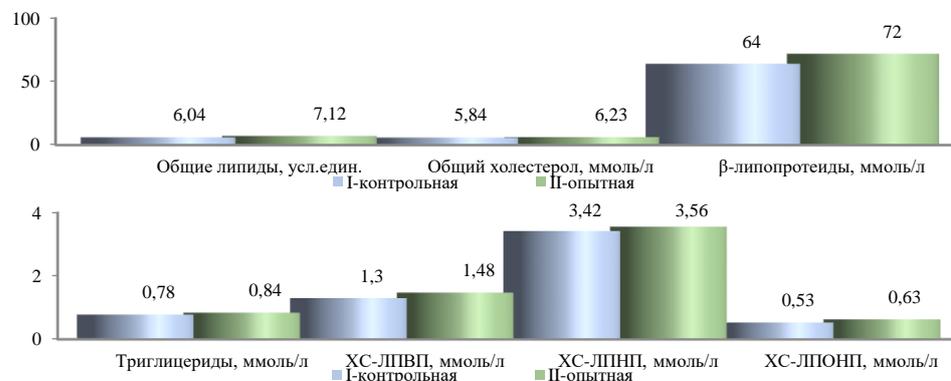


Рис. 2. Липиды и липидный состав в системе крови

Значение концентрационного статуса ХС-ЛПВП в контрольной группе составило $1,30 \pm 0,09$ ммоль/л и в опытной – $1,48 \pm 0,11$ ммоль/л. Уровень содержания ХС-ЛПВП возрос на 13,8% в опытной группе относительно контрольной в результате алиментирования эссенциальных микроэлементов. Это приводит к наилучшему очищению сердечно-сосудистой системы и улучшению функционального состояния всех сосудов.

ХС-ЛПНП в основном обеспечивает диффузионное распределение холестерина по органам и тканям из мест его образования. ХС-ЛПНП имеет следующий химический состав: белки (22%), фосфолипиды (21%), холестерол (8%), эстерифицированный холестерол (42%), триглицериды (7%). Плотность ХС-ЛПНП при этом составляет 1,00-1,06 г/мл, а диаметр его частиц - 21 – 100 нм. Основными аполипопротеидами ХС-ЛПНП являются В-100 (Филипович, 2005). По эмпирическим данным нашего исследования (таблица 3), уровень содержания ХС-ЛПНП в контрольной группе составил $3,42 \pm 0,24$ ммоль/л и в группе комплексонов $3,56 \pm 0,27$ ммоль/л. Данные опытной группы были выше на 4,1% по сравнению данными контрольной группы. Следовательно, интенсивность превращений ЛПОНП и ЛПНП и их синтез выше в группе комплексонов, что является результатом индуцирующего влияния хелатированных форм микродобавок.

ХС-ЛПОНП синтезируются в гепатоцитах и обеспечивают транспорт липидов эндогенного синтеза из печени в периферические акцепторные клетки и ткани, где они послужат метаболитами или пластическим материалом.

Размеры или диаметр частиц ХС-ЛПОНП составляет 30-100 нм., плотность их находится в диапазоне от 0,96 до 1,00 г/мл. Для ХС-ЛПОНП основными аполипопротеидами являются В-100, С-II и Е.

В результате нашего экспериментального исследования возросло содержание ХС-ЛПОНП в опытной группе, и значение данного показателя составило $0,63 \pm 0,05$ ммоль/л в, а в контрольной группе – $0,53 \pm 0,04$ ммоль/л.

Следовательно, эндогенный индуцированный синтез ХС-ЛПОНП был выше на 18,9% по сравнению с интактной группой.

Резюмируя выше изложенный статистический материал эмпирического происхождения, мы приходим к выводу, что детализированное нормирование эссенциальных микроэлементов в виде комплексонов, приготовленных на базе ЭДДЯК, значительно повышает утилизацию липидов экзогенного происхождения и повышает эндогенный синтез ХС-ЛПОНП.

Таблица 4

Энзиматическая активность сыворотки крови

Исследуемые показатели	Исследуемые группы	
	I-контрольная	II-опытная
Щелочная фосфатаза, Е/л	$1,12 \pm 0,07$	$1,33 \pm 0,09^{**}$
Аланинаминотрансфераза, Е/л	$11,48 \pm 0,59$	$13,54 \pm 0,67^{**}$
Аспаргатаминотрансфераза, Е/л	$20,24 \pm 1,48$	$26,29 \pm 1,08^{***}$
Лактатдегидрогеназа, Е/л	$198,4 \pm 10,45$	$227,5 \pm 11,19^*$
Килая фосфатаза общая, Е/л	$1,44 \pm 0,10$	$1,85 \pm 0,12^{**}$

Примечание. * $P \geq 0,95$, ** $P \geq 0,99$, *** $P \geq 0,999$

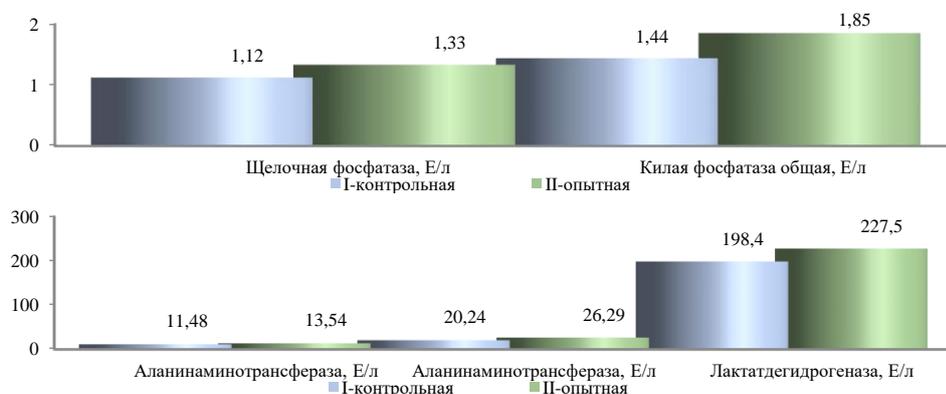


Рис. 3. Энзиматическая активность сыворотки крови

Энзиматическая активность сыворотки крови носит диагностический характер, то есть отражает интенсивность и течение внутриклеточных метаболических процессов, тесно связанных с поступлением трофических веществ из гастро-энтеральной системы.

Согласно схеме опыта (табл. 1), в сравнительном аспекте было изучено влияние хелатированных форм микроэлементов на энзиматическую активность сыворотки крови. В частности, нами изучена каталитическая активность энзимов как в контроле, так и в опытной группе.

Во второй опытной группе относительно интактной группы отмечается увеличение активности щелочной фосфотазы на 18,8%, аланинаминотрансферазы на 17,10%, аспаратаминотрансферазы на 30%, лактатдегидрогеназы 14,7% и кислой фосфотазы на 25,5%. Достижение таких показателей стало результатом алиментарного применения комплексонов микроэлементов

Согласно статистическому материалу (табл. 4), мы отмечаем, что по мере реплики и нивелирования жизненно необходимых микроэлементов в зоне их несочетаемого и дефицитного поступления их каталитическое участие в энзиматических процессах резко возрастает. Согласно литературным данным, изучаемые нами ферменты нуждаются в каталитическом присутствии минеральных элементов в качестве простетических групп, коферментов или кофакторов. Следовательно, применение нормируемых микроэлементов в хелатированной форме на основе ЭДДЯК детерминирует оптимизацию функциональной активности выше перечисленных энзимов.

В процессе реализации концепции экспериментального исследования нами изучено содержание общего белка, редуцирующих сахаров, лактата, общего кальция, неорганического фосфора, катионов натрия и калия (табл. 5). Табулированные статистические данные по содержанию выше перечисленных веществ в сыворотке крови убедительно свидетельствуют о целесообразности и результативности применения нормируемых микроэлементов в хелатированной форме для оптимизации общего белка.

Таблица 5

Содержание общего белка и глюкозы в сыворотке крови

Исследуемые показатели	Исследуемые группы	
	I-контрольная	II-опытная
Общий белок, г/л	63,1±3,41	68,4±4,12
Редуцирующие сахара, ммоль/л	2,78±0,21	3,12±0,26
Лактат, ммоль/л	0,78±0,032	0,80±0,045
Кальций общий, ммоль/л	2,56±0,18	3,01±0,21
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,49±0,083	1,63±0,098
Натрий, ммоль/л	140±8,84	142±9,12
Калий, ммоль/л	4,12±0,27	4,23±0,29

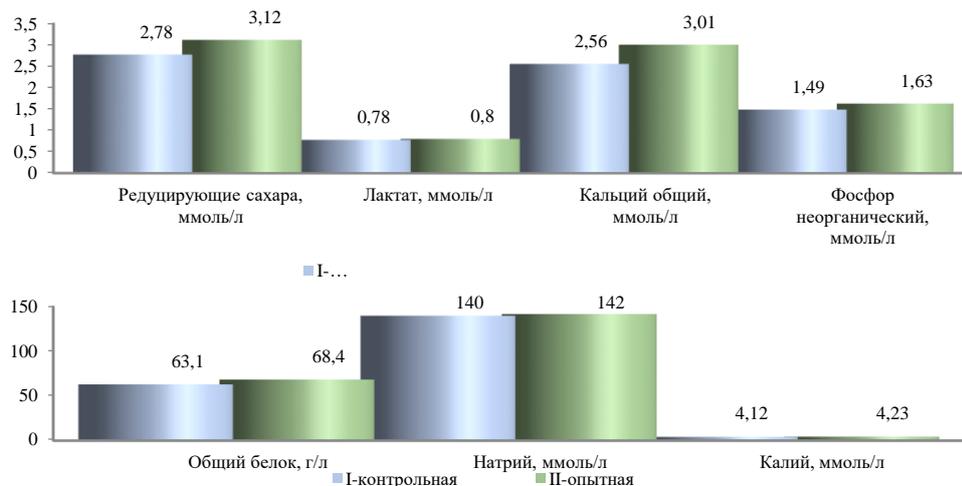


Рис. 4. Содержание общего белка и глюкозы в сыворотке крови

Применяемые нами в составе рациона комплексоны микроэлементов обеспечили повышение в опытной группе по сравнению с интактной общего белка на 8,4%, редуцирующих сахаров на 12,2 %, лактата на 2,6%, общего кальция на 17,6%, неорганического фосфора на 9,4%, катионов натрия на 1,4%, катионов калия на 2,7%.

Таким образом, используемые комплексоны микроэлементов в опытной группе обеспечили повышение общего белка, что улучшило функции и физико-химические свойства плазмы крови, что отразилось на анаболическом становлении генома исследуемых животных. Увеличение концентрационного фона редуцирующих сахаров в сыворотке крови во второй опытной группе наилучшим образом инициирует энергетическое и пластическое становление генома по сравнению с контролем. Как известно, редуцирующие сахара, проходя анаэробную трансформацию в пируват и лактат в цитоплазме клетки, индикаторно отражают интенсивность их окисления. По нашим данным, концентрационный фон лактата в контроле составил $0,78 \pm 0,032$ ммоль/л, а в опытной – $0,80 \pm 0,045$ ммоль/л.

В аналогичной последовательности фон общего белка кальция, неорганического фосфора, катионов натрия и калия был заметно выше в группе комплексонов, что важно в интерьерном и экстерьерном становлении исследуемых животных.

Результативность применения макро- и микроэлементов в рационе зависит от степени сбалансированности суточной нормы по полезным и биологически активным веществам, уровня переработки и отложения в запас минеральных веществ, взаимной реакции и реакции с другими питательными веществами в процессе абсорбции, переноса и выведения, от положения контролируемых систем, от

морфологического, физиологического состояния животных (Aschenbach, 2011; Bondesan et al., 2013). Использование всего разнообразия минеральных веществ как в органических, так и в неорганических формах способствует лучшему их усвоению и решает проблему дефицита минеральных веществ.

В настоящее время новым минеральным препаратом является препарат «Silaccess». Активным веществом в препарате выступает смесь порошков таких микроэлементов как кремний, железо, медь и цинк в стабилизирующем агенте. В таком составе кремний является защищенным от реакции атмосферной водой, однако остается в реакционноспособном состоянии. При введении данного продукта в водный раствор, или же при поглощении животным вместе с кормом, стабилизирующий агент смывается, и происходит химическая реакция с выделением кремниевых кислот.

Впервые нами использован препарата «Silaccess», в качестве минеральной добавки в суточном рационе сукозных коз зааненской породы.

Таблица 6

Схема кормления

Исследуемые группы	Количество голов	Условия кормления и ингредиентный состав микродобавок
Первая контрольная	5	Основной рацион (ОР)
Вторая опытная	5	Основной рацион + 5 мг минерального препарата «Silaccess»

Таблица 7

Статус физиолого-биохимических показателей системы крови в конце

Показатели	Единицы измерения	Экспериментальной группы	
		1-контрольная	2-опытная
Эритроциты	млн/мкл	14,30 ± 0,26	17,51 ± 0,21****
Тромбоциты	г/л	364,2 ± 15,27	370,0 ± 5,81
Лейкоциты	тыс/мкл	8,20 ± 0,11	7,28 ± 0,26
Гемоглобин	г/л	119,6 ± 4,30	127,2 ± 2,80**
РОЭ (СОЭ)	мм/ч	3,4±0,16	2,8±0,12

Примечание. **- P>0,95; ****- P>0,999.

В процессе сукозности козам требуется детализированное нормирование всех питательных веществ, в том числе и минеральных элементов. Как известно, на разных этапах онтогенеза требуется адекватный композиционный состав трофического материала и соответствующая корректировка соотношения, уровня содержания

минеральных элементов, так как они выполняют многочисленные функции, в частности, участие в эритропоэзе, лейкопоэзе, гемопоэзе, окислительно-восстановительных оксидоредуктазных реакциях, осмоляльности плазмы крови, а также в регуляции многочисленных физиолого-биохимических превращениях.

В процессе проведения опыта нами изучены, такие индикаторы, как эритроциты, тромбоциты, лейкоциты, гемоглобин, и реакция оседания эритроцитов (РОЭ, или СОЭ). Данные по крови взяты через 60 дней опыта в контрольной и опытной группе.



Рис. 5. Физиологические показатели крови

Согласно материалу вышеуказанной таблицы 7, мы отмечаем индуцированное повышение гемоглобина в опытной группе относительно контрольной группы на 6,7 г/л (6%), при этом результат носит достоверный характер ($P > 0,95$). Отсюда делаем вывод о том, что применение минеральной добавки достоверно индуцирует эритропоэз в кроветворных органах и тканях, что приводит к повышению количества эритроцитов и гемоглобина, что свидетельствует об улучшении газообмена, увеличении обеспечения организма кислородом и усилении клеточной защиты организма.

Все элементы эритроидного ряда образуются из эритроцитарной стволовой колониобразующей клетки, которая путем деления и созревания последовательно превращается в проэритробласты - базофильные эритробласты - полихроматофильные нормобласты - оксифильные нормобласты - ретикулоциты - эритроциты.

Согласно табулированному материалу (табл. 7), в конце опыта количество эритроцитов в контрольной группе составляет $14,30 \pm 0,26$ млн/мкл, когда в опытной группе $17,51 \pm 0,21$ млн/мкл. Рост значения показателя составляет 22%, при этом результат носит достоверный характер ($P > 0,99$). То есть эритропоэтическое действие жизненно необходимых микроэлементов, алиментируемых в минеральном препарате «Silaccess», имеют значительный индуцирующий эффект, что непременно отразится на интенсивности метаболических процессов в организме коз в период сукозности и будущем потомстве.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ и РОЭ) - это скорость, с которой эритроциты оседают под действием силы тяжести, образуя

конгломераты в виде монетных столбиков в неподвижном объеме крови, стабилизированной цитратом натрия.

Величина СОЭ зависит от белкового состава плазмы крови. Чем выше концентрация альбуминов в плазме, тем больше коллоидная стабильность и суспензионные свойства крови, и тем меньше величина СОЭ.

Величина отрицательного заряда на наружной стороне мембраны эритроцитов уменьшается в результате адсорбции на поверхности эритроцитов крупномолекулярных белков плазмы - гамма-глобулинов и фибриногена. Поэтому увеличение содержания в плазме крови глобулинов и фибриногена ведет к снижению величины отрицательного потенциала на поверхности эритроцитов, уменьшению сил электрического отталкивания между ними, а значит к снижению суспензионных свойств крови, на что указывает повышение СОЭ.

В нашем случае скорость оседания эритроцитов в контрольной группе составляет $3,4 \pm 0,16$ мм/ч, при этом во второй она составила $2,8 \pm 0,12$ мм/ч. Причиной подобного расхождения, выявляемого при сопоставлении данных согласно таблице 7, в исследуемых группах является повышение уровня гамма-глобулинов и фибриногена в контрольной группе, что говорит о воспалительном процессе в организме животных контрольной группы.

Белые кровяные клетки или лейкоциты происходят из одной полипотентной стволовой клетки, дающей начало бесцветным клеткам моноцитарного, гранулоцитарного и лимфоцитарного ряда. Моноциты и гранулоциты образуются в красном костном мозге, а лимфоциты, ответственные за гуморальный иммунитет, проходят стадию становления в тимусе, лимфотических узлах и селезенке. Кроме лимфоцитов, все остальные формы лейкоцитов принимают участие в образовании клеточного иммунитета. Жизненный цикл большинства лейкоцитов имеет короткий период полураспада, то есть живут от нескольких часов до нескольких дней. К факторам стимулирующим лейкопоз относятся - лейкопэтины, продукты распада лейкоцитов и тканей, микробы и их токсины, катехоламины.

Общее количество лейкоцитов (таблица 7) в первой контрольной группе составило $8,20 \pm 0,11$ тыс/мкл и во второй опытной – группе $7,28 \pm 0,26$ тыс/мкл. В результате микроэлементной индукции лейкопоза численность лейкоцитов в контрольной группе увеличилась на 11,2 % относительно опытной группы. Что говорит о наличии воспалительного процесса в организме животных контрольной группы.

Полученные результаты исследования крови отразились на массе новорожденных козлят. Средний вес козлят от животных контрольной группы составляет 3,4 кг, а средний вес козлят от опытной группы

составляет 3,7 кг. Что на 9% выше среднего веса козлят от животных контрольной группы.

Выводы. Применение комплексонов микроэлементов железа, меди, кобальта, цинка, марганца и йода, приготовленных на основе этилендиаминадиантарной кислоты в составе рациона от суточной нормы 15-25% в зоне их диспаритетного поступления, обеспечило в опытной группе по сравнению с контрольной:

- 1) повышение кислородной емкости крови на 10,5%;
- 2) увеличение количества лейкоцитов на 4,3% и тромбоцитов на 2,6%;
- 3) повышение общего количества липидов на 17,9%, общего белка на 8,4%, редуцирующих сахаров на 12,2%;
- 4) увеличение содержания общего кальция на 17,6% и органического фосфора – 9,4%.

Применение минерального препарата «Silaccess» в рационе зааненских коз в период сукозности в объеме 5 мг в течение трех месяцев приводит к следующим изменениям показателей крови при сопоставлении данных опытной группы с данными контрольной группы:

- 1) Повышение таких показателей, как количество эритроцитов в крови на 22% и гемоглобина на 6% в опытной группе;
- 2) Уменьшение СОЭ на 8% в опытной группе;
- 3) Уменьшению количества лейкоцитов на 11, 2 % в опытной группе.
- 4) Средний вес потомства животных опытной группы на 9 % превышает данный показатель в контрольной группе.

Список литературы

- Баранникова И.А., Батуев А.С.* 2001. Начала физиологии СПб. 1088 с.
- Зайналадиева Х.М., Арсанукаев Д.Л.* 2006. Алиментация стабилизированных микронутриентов – способ оптимизации физиолого-биохимических показателей крови // Материалы конференции «Ветеринарная медицина – теория, практика и обучение». С. 25-32.
- Филипович Ю.Б.* 2005. Биохимические основы жизнедеятельности человека: учеб пособие. М.: ВЛАДОС. 407 с.
- Aschenbach F.* 2011. Body Condition Scoring bei Milchziegen / Aschenbach Franziska, Rahmann Gerold // Landbauforschung. V. 346. P. 111-118.
- Bondesan V., Miotello S., Bailoni L.* 2013. Effects of breed on milk quality traits from organic goat farms // Milk Quality Regional IGA Conference 2013 in Tromsø, Norway ABSTRACTS. P. 9-10.

INDUCTIVE INFLUENCE OF COMPLEXONATES OF MICROELEMENTS AND THEIR SALTS ON CYTO-BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE BLOOD OF GOATS

**L.V. Alekseeva¹, D.L. Arsanukaev², Kh.M. Zainalabdieva²,
E.D. Milovidova^{1,3}**

¹Tver State Agricultural Academy, Tver

²Kadyrov Chechen State University, Grozny

³Tver Medical State University, Tver

Alimentary use of innovative coordination salts of microelements prepared on the basis of ethylenediaminesuccinic acid have a high absorption and selective deposition ability in critical organs and tissues, which affects the hematopoietic functions of hematopoietic organs. The use of chelated forms of microelements in the diet ensured the optimization of the cytological composition of the blood and the biochemical status, which converges on the constitutional formation of the genome of the individuals of the experimental group. The use of the mineral preparation "Silaccess" has a positive effect on the hematopoietic functions of the hematopoietic organs, increases hemoglobin and reduces inflammation in the body.

Keywords: *alimentary, ethylenediaminesuccinic acid, enzymatic activity, hematocrit, end products, homeostasis, cytological composition, biochemical composition, plastic material, erythropoiesis, oxygen capacity and color index.*

Об авторах:

АЛЕКСЕЕВА Людмила Владимировна – доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарии, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 170904, Тверь, ул. Маршала Василевского, д. 7; e-mail: alekseeva_lud@mail.ru.

АРСАНУКАЕВ Джабраил Лечиевич – доктор биологических наук, профессор кафедры «Клеточная биология, морфология и микробиология», ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» 364907, Чеченская Республика, Грозный, ул. А. Шерипова, 32; e-mail: d.arsanukaev@chesu.ru.

ЗАЙНАЛАБДИЕВА Хеди Магомедовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Физиология и анатомия человека и животных» ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им.А.А.Кадырова» 364907, Чеченская Республика, Грозный, ул. А. Шерипова, 32; e-mail: xeda_magomedovna@mail.ru.

МИЛОВИДОВА Елена Дмитриевна – аспирантка кафедры ветеринарии, технологического факультета, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 170904, Тверь, ул. Василевского, д. 7; старший преподаватель кафедры физиологии с курсом теории и практики сестринского дела, ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4; e-mail: elenka.milovidova@mail.ru.

Алексеева Л.В. Индуцирующее влияние комплексонов микроэлементов и их солей на цито-биохимические показатели крови козлят / Л.В. Алексеева, Д.Л. Арсанукаев, Х.М. Зайнабдиева, Е.Д. Миловидова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 2(66). С. 162-177.

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 – Игнатьев Данила Игоревич.

Вестник Тверского государственного университета.

Серия: Биология и экология

№ 2 (66), 2022

Подписной индекс: **8563** (каталог российской прессы «Почта России»)

Подписано в печать 06.07.2022. Выход в свет 07.07.2022

Формат 70 x 108 1/16. Бумага типографская № 1.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,58.

Тираж 500 экз. Заказ № 157.

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

Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33.

Отпечатано в редакционно-издательском управлении

Тверского государственного университета.

Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, Студенческий пер., д. 12, корпус Б.

Тел. РИУ: 8 (4822) 35-60-63.

Цена свободная.