

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

Том 8 (74), № 2

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

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2022

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

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

Печатается по решению Научно-технического совета Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, протокол № 1 от 25 января 2022 г.

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

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

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

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

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

Раздел «Биология»:

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

Раздел «Химия»:

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

Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4, корп. Б, ауд. 328
Подписано в печать 16.06.2022. Формат 70x100 1/16. Заказ № НП/126. Тираж 50. Цена «Бесплатно».

Дата выхода в свет «__» _____ 2022 г.

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

Адрес издательства и типографии:

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

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

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Биология. Химия. Том 8 (74). 2022. № 2. С. 3–13.

УДК 576.08: 57.08

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КОЖИ В ДИНАМИКЕ ОЖОГОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Ажикова А. К.¹, Великородная Ю. И.^{2,3}, Смирнов А. В.^{2,3}, Башкина О. А.¹,
Самотруева М. А.¹*

¹*Астраханский государственный медицинский университет Минздрава России, Астрахань, Россия*

²*Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия*

³*Волгоградский медицинский научный центр, Волгоград, Россия*

E-mail: alfia-imateva@mail.ru

В статье описаны морфологические особенности и пролиферативный потенциал кожи в динамике ожогового воздействия. В эксперименте на половозрелых самцах белых крыс изучены структурная организация и особенности пролиферативной активности кератиноцитов в динамике ожогового воздействия. Для количественной оценки экспрессии маркеров пролиферативной активности использовали индекс пролиферации Ki-67 (Ki-67). В ходе иммуногистохимического исследования установлено, что степень экспрессии белков-регуляторов пролиферации (Ki-67) на фоне ожоговой травмы кожи увеличивается на 10-е сутки эксперимента, что определяет восстановление пролиферативной активности клеток поврежденной кожи в эти сроки. Детальный анализ иммуноморфологических характеристик клеток кожи при регенерации ожоговых ран свидетельствует о хронологической зависимости экспрессии маркеров регенераторного процесса.

Ключевые слова: кожа, термическая ожоговая рана, регенерация, иммуногистохимический метод исследования, маркер пролиферации (Ki-67).

ВВЕДЕНИЕ

В исследовании генеза кожной патологии особое внимание уделяется изучению молекулярных и клеточных механизмов регенераторного процесса. Несмотря на значительные успехи, достигнутые в изучении посттравматической регенерации кожи, остаются мало изученными проблемы межтканевых и межклеточных взаимодействий, структурно-временная характеристика тканей на разных этапах заживления раны. Практически все восстановительные процессы проходят на фоне воспалительной реакции, в которой межсистемные взаимодействия играют определяющую роль.

Одну из главенствующих ролей в процессах адаптации и защиты организма играет иммунная система. Как составляющая регуляторов гомеостаза, система иммунитета участвует в процессах воспаления, ангиогенеза, реэпителизации и заживления раны. Так, различные иммунологические процессы в коже, в том числе

фагоцитоз и антигенпрезентацию, осуществляют макрофаги. Кроме того, лимфоциты эпидермиса выполняют функцию регуляторов пролиферативной активности кератиноцитов [1, 2]. Механизм иммунных взаимодействий лежит в основе современных методов исследования.

В настоящее время высокую прогностическую значимость имеет иммуногистохимическое исследование, которое является наиболее точным методом оценки пролиферативного пула клеток при патологических состояниях [1]. Изучение таких иммуногистохимических маркеров, как маркеров пролиферации, апоптоза, регенераторного процесса и т.д., позволит точно оценить интенсивность репаративных процессов в поврежденных тканях и может быть рекомендовано в качестве модели для определения выраженности репарации [3–6].

Среди иммуноцитохимических маркеров наиболее высокоселективным и цитоспецифичным является маркер Ki-67 – маркер пролиферативной активности клеток [7–9]. Присутствие маркера клеточной пролиферации в клетках только во время процесса деления и разрушение его в течение 1,5 часов после окончания митоза определяет пролиферативный потенциал нормальной или поврежденной ткани. Поскольку Ki-67 разрушается после митоза в течение 60–90 минут, клетки в этот временной промежуток не окрашиваются им в раннем пресинтетическом периоде интерфазы клеточного цикла. При использовании моноклональных антител к белку Ki-67 ядра клеток меняют свою окраску на коричневую, отражая таким образом восстановительный, пролиферативный потенциал.

Обнаружение и определение ядерного белка Ki-67 является важным прогностическим показателем при исследовании физиологических и патологических особенностей тканей организма, ряда заболеваний, но его диагностическая значимость при ожоговом поражении кожи до настоящего времени мало изучена [9–13]. В связи с этим научный интерес вызывает изучение морфологических изменений кожи в динамике ожогового процесса иммуногистохимическим методом.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении структурных особенностей кожи крыс в динамике термической ожоговой травмы иммуногистохимическим методом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились нелинейные крысы, мужского пола, массой 200–230 г. Содержание животных соответствовало положениям Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (Страсбург, 1986), «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» согласно Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотренный вариант 2000 г., требованиям комиссии Российского национального комитета по биоэтике при Российской академии наук. Работу с животными осуществляли с соблюдением этических норм работы с лабораторными животными, основанном на директиве Европейского Сообщества по гуманному обращению с экспериментальными животными (European Communities Council Directive #86 / 609 of October 1986), и

одобрены комиссией локального этического комитета Астраханского ГМУ Минздрава России.

Лабораторные животные были разделены на 5 групп (n=10):

1 – группа интактных животных (контроль);

2 – группа животных, подвергшихся ожоговому воздействию и выведенных из эксперимента на 2 сутки после ожога (опыт 1);

3 – группа животных, подвергшихся ожоговому воздействию и выведенных из эксперимента на 4 сутки после ожога (опыт 2);

4 – группа животных, подвергшихся ожоговому воздействию и выведенных из эксперимента на 7 сутки после ожога (опыт 3);

5 – группа животных, подвергшихся ожоговому воздействию и выведенных из эксперимента на 10 сутки после ожога (опыт 4).

У всех опытных групп моделировали контактную термическую травму в межлопаточной области спины в условиях эфирной наркотизации. На депилированный участок кожи накладывали медный предмет диаметром 1,5 см, нагретый в кипящей воде до 100 °С, с экспозицией 5 с. Животных выводили из эксперимента на 2, 4, 7, 10 сутки после ожогового воздействия для сравнительной оценки изменений во всех стадиях ожогового процесса. Декапитацию проводили в условиях эфирной наркотизации.

Материалом для исследования служили образцы раневой поверхности кожи межлопаточной области на 2, 4, 7, 10 сутки после моделирования термического ожога. Образцы фиксировали в 4 % растворе параформальдегида (Sigma, ЕС), приготовленного на 0,01 М фосфатном буфере с рН 7,4 (Sigma, ЕС), затем обезживали в батарее спиртов восходящей крепости, просветляли в хлороформе с использованием гистопроцессора Cytadel 2000 (Shendon, Великобритания) и заключали в парафиновую среду HistoMix (Бивитрум, Россия). Парафиновые блоки резали на ротационном микротоме HM340E (MICROM, Германия), получали срезы толщиной 5 мкм и монтировали их на предметные стекла, обработанные поли-L-лизинном (Menzel, Германия). При выполнении иммуногистохимического исследования парафиновые срезы после депарафинизации и регидратации инкубировали 20 минут в 3 % перекиси водорода для блокирования эндогенной пероксидазы. Демаскировку антител осуществляли путем кипячения срезов при 100 °С в 0,01 М цитратном буфере с рН=6,0 в течение 20 минут. В качестве маркера пролиферации использовали моноклональные антитела Ki-67 (Clone SP-6), фирмы Labvision (США) в разведения 1:200. Постановку реакции проводили с помощью пероксидаза-полимерной системы визуализации согласно инструкции производителя (Lab Vision, США). Фермент пероксидаза катализирует химическую реакцию, которая приводит к изменению цвета. На заключительном этапе реакции срезы докрашивали гематоксилином Майера. Негативным контролем служили препараты без инкубации с первичными антителами при полном соблюдении остальных этапов протокола.

Препараты изучали и фотографировали с помощью микроскопа AxioScope.A1 (ZEISS, Германия), оборудованного цифровой камерой AxioCam MRc5. Полученные фотографии обрабатывали с помощью программы ZENpro 2012 (ZEISS, Германия).

Для количественной оценки пролиферативного потенциала кожного регенерата рассчитывали индекс пролиферации Ki-67 (I_{Ki-67}) по формуле:

$$I_{Ki-67} (\%) = (n+ / N) * 100 \%,$$

где $n+$ – количество меченых ядер, N – общее число ядер в базальном и шиповатом слоях кожи в поле зрения микроскопа. Ki-67 определяли как среднее значение от числа меченых ядер на 100 учтенных, пролиферативная активность кератиноцитов оценивалась как низкая (до 30 % меченых ядер на 100 учтенных), средняя (от 30 до 60 % ядер) и высокая (более 60 % ядер). Исследовали по одному срезу кожи от каждого животного. Подсчёты производили при общем увеличении 400 в 10 полях зрения среза.

Для статистической обработки данных использовали программу STATISTICA Base. Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью параметрических методов вариационной статистики ($M \pm m$) – критерий Стьюдента для множественных сравнений с поправкой Бонферрони. Статистически значимыми считали результаты с уровнем достоверности не менее 95 % ($p < 0,05$) с обозначением [*] в группах опытных крыс.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В неповрежденной коже крыс из контрольной группы на 100 клеток базального и шиповатого слоев (росткового слоя) встречается умеренное число Ki-67 позитивно окрашенных клеток, локализованных вблизи базальной мембраны (рис. 1).

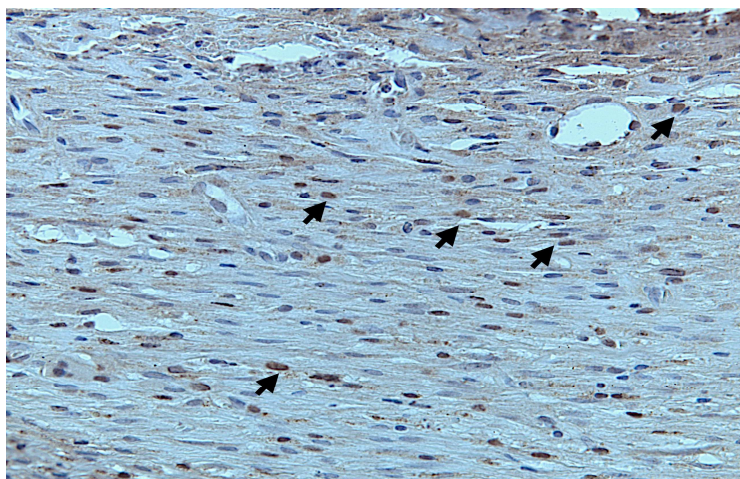


Рис. 1. Ki-67-позитивные клетки в области неповрежденной кожи крыс. Окраска – Моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра). Ув.*400. Пероксидазно-антипероксидазный-метод.

В ранней фазе течения репаративного процесса (2-е сутки) в эпидермисе наблюдали незначительное количество пролиферирующих клеток (до 25 % меченых ядер на 100 учтенных), по сравнению с контрольной группой животных (рис. 2). Уменьшение экспрессии Ki-67, на наш взгляд, было связано с снижением

пролиферации кератиноцитов в связи с нарастанием пролиферативной активности клеток дермальных инфильтратов.

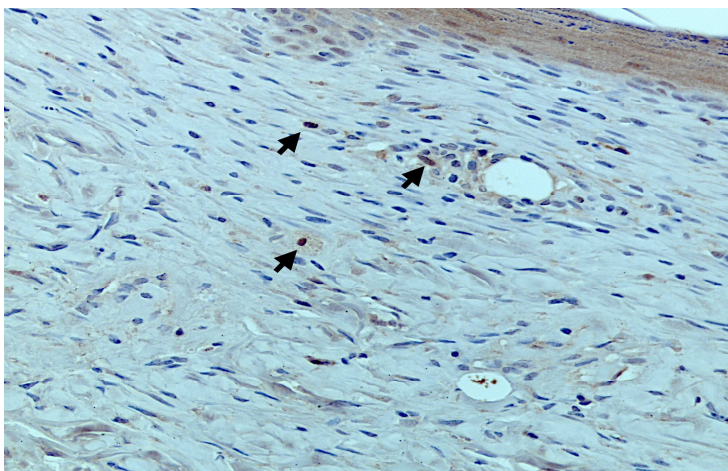


Рис. 2. Ki-67-позитивные клетки в области ожоговой раны кожи на 2 сутки послеожогового периода. Окраска – Моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра). Ув.*400. Peroxidazoно-антипероксидазный-метод.

На 4 сутки после ожогового воздействия также наблюдали сниженную пролиферативную активность кератиноцитов и малое число иммунореактивных клеток Ki-67 (до 30 % меченых ядер на 100 учтенных), по сравнению с контрольной группой животных (рис. 3).

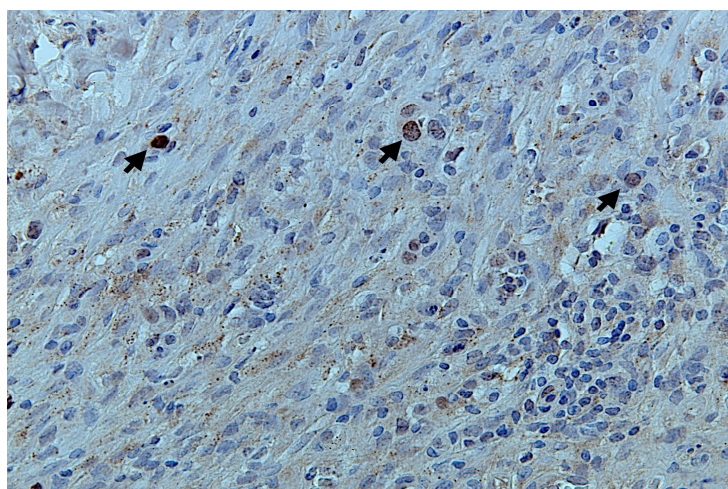


Рис. 3. Ki-67-позитивные клетки в области ожоговой раны кожи на 4 сутки эксперимента. Окраска – Моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра). Ув.*400. Peroxidazoно-антипероксидазный-метод.

На 7-е сутки эксперимента отмечали среднюю пролиферативную активность клеток эпидермиса (от 30 до 60 % меченых ядер на 100 учтенных) (рис. 4). Транзиторные клетки уже начинали дифференцироваться на уровне супрабазальных слоев. Наблюдали единичные камбиальные клетки волосяного фолликула околораневой области.

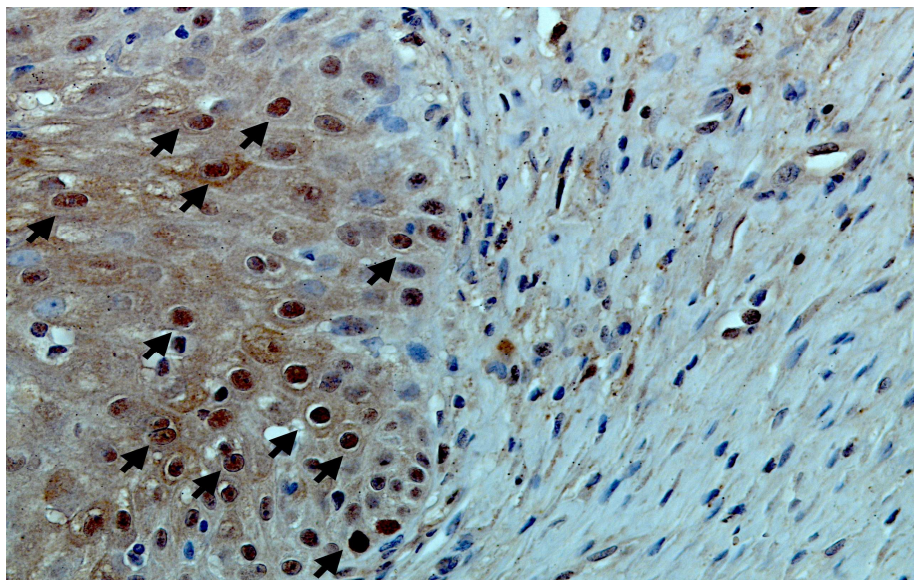


Рис. 4. Ki-67-позитивные клетки в области ожоговой раны кожи на 7 сутки послеожогового периода. Окраска – Моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра). Ув.*400. Пероксидазно-антипероксидазный-метод.

На 10-е сутки отмечали увеличенное число пролиферирующих клеток эпидермиса (более 60 % меченых ядер на 100 учтенных). Анализ распределения Ki-67⁺ клеток кожи (в первую очередь, пролиферирующих кератиноцитов) выявил наиболее высокое значение данного показателя у крыс в этот временной промежуток. В этот период наблюдали снижение экссудативных реакций и активизацию пролиферативной фазы воспалительного процесса. Клетки сохраняли столбчатую организацию, уменьшалась пролиферативная активность клеток волосяных фолликулов. В некоторых областях визуализировали стволовые клетки эпидермиса, мигрирующие из наружного корневого волосяного влагалища и пополняющие пул базальных кератиноцитов эпидермиса (рис. 5).

Структурные преобразования кожи межлопаточной области спины белых крыс при экспозиции термического ожога обусловлены развитием деструктивных процессов в виде увеличения периваскулярных пространств и их отечности на 2, 4, 7 сутки. Обширные изменения с начальными проявлениями экссудативной фазы воспаления в виде выраженных гемодинамических нарушений сочетались с отрицательной реакцией Ki-67 в эти сроки наблюдений, признаком отсутствия

пролиферативной активности эпителиоцитов вследствие последовательной смены фаз первичной и вторичной альтерации. В течение 2–7 суток после ожоговой травмы этот показатель многократно уменьшался за счет нарастания снижения пролиферации кератиноцитов.

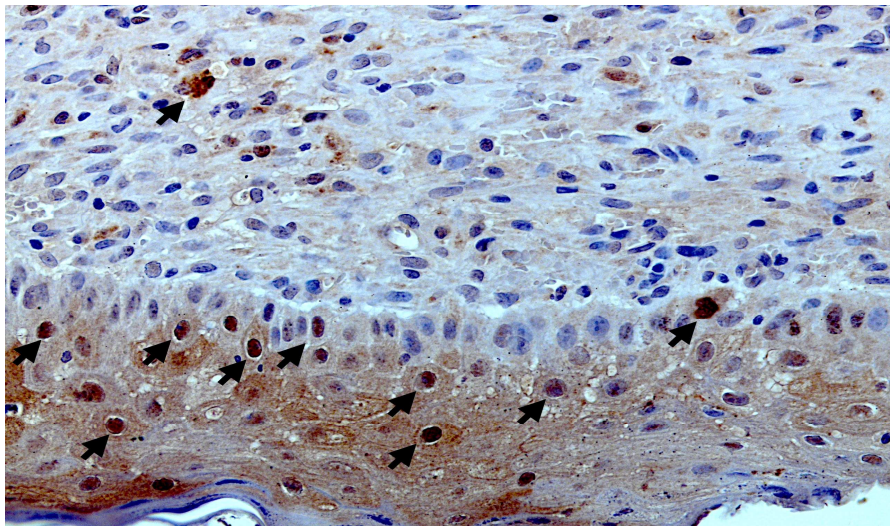


Рис. 5. Ki-67-позитивные клетки в области ожоговой раны кожи на 10 сутки послеожогового периода. Окраска – Моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра). Ув. 400. Пероксидазно-антипероксидазный-метод.

Анализ распределения Ki-67⁺ клеток кожи (пролиферирующих кератиноцитов) выявил наиболее высокое значение митотического деления на 10 сутки после ожога. В этот период происходило частичное восстановление нарушенных структур клеток. Увеличение числа Ki-67-иммунопозитивных ядер большей части клеток можно рассматривать как показатель активной пролиферации клеток (Таблица 1).

Таблица 1
Пролиферативная активность клеток в эпидермисе кожного регенерата после ожогового воздействия, % (M±m)

Группы животных	Индекс пролиферации I _{Ki-67}
Контроль	13±0,03
2 сутки	10±0,03**
4 сутки	15 ±0,16***
7 сутки	21±0,16**
10 сутки	27±0,6*

Примечание: * – p<0,05; ** – p<0,01;*** – p<0,001 – относительно контроля (t-критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования подтверждают высокую прогностическую значимость иммуногистохимического метода. В ходе работы установлено, что степень экспрессии белков-регуляторов пролиферации (Ki-67) на фоне ожоговой травмы кожи увеличивается на 10-е сутки эксперимента, что определяет восстановление пролиферативной активности и начало репаративной регенерации клеток поврежденной кожи в эти сроки. Обнаружение высокого числа Ki-67-иммунопозитивных ядер на 10 сутки после ожога связано с митотическим делением клеток кожи, в этот период происходило частичное восстановление нарушенных структур клеток, что можно рассматривать как показатель активной пролиферации клеток. Данное заключение согласуется с результатами ряда исследований по изучению гистофизиологии кожи [3–6, 8]. Изменения иммуноморфологических характеристик кератиноцитов в динамике ожогового воздействия при регенерации ожоговых ран свидетельствуют об адаптивных физиологических механизмах кожи и об особой хронологической зависимости экспрессии маркеров регенераторного процесса.

Принимая во внимание возможности экспрессии ядерного белка Ki-67 в делящихся клетках, данный показатель позволяет использовать его в качестве достоверного маркера для выявления пула пролиферации, а иммуногистохимическое исследование кожи можно применять в качестве дополнительного прогностического показателя течения посттравматической регенерации.

Таким образом, изучение цитоморфологических особенностей кожи в послеожоговый период послужит важным критерием эффективности коррекции раневого процесса. Дальнейшие исследования в данном направлении могут способствовать разработке новых стратегий диагностики, прогнозирования и лечения патофизиологических процессов на уровне кожи.

Список литературы

1. Королькова Т. Н. Изучение иммуногистохимических показателей в эпидермисе и дерме при применении средств для регенерации кожи / Т. Н. Королькова, Н. В. Калмыкова, Е. В. Круглик [и др.] // Клиническая дерматология и венерология. – 2019. – Т. 18, вып. 4. – С. 460–468.
2. Прохоров Д. В. Роль маркеров клеточного обновления (vcl-2, p-53) и пролиферации (ki-67) в диагностике злокачественных меланоцитарных новообразований кожи / Д. В. Прохоров // Украинский журнал дерматологии, венерологии, косметологии. – 2013. – вып. 4 (51). – С. 31–38.
3. Волошин Р. Н. Оптимизация лечения пролифераций кожи, индуцированных вирусом папилломы человека / Р. Н. Волошин, О. А. Проценко, И. В. Диденко [и др.] // Вестник СурГУ. Медицина. – 2021. – вып. 1 (47). – С. 75–79.
4. Галеева А. Г. Проллиферация клеток кожи экспериментальных животных при внутридермальном введении гиалуроновой кислоты / А. Г. Галеева, Ф. Х. Камилов, О. М. Капулер [и др.] // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19, вып. 4. – С. 7–14.
5. Горшунова Г. Н. Иммуногистохимическая характеристика кожи больных диабетом / Г. Н. Горшунова, В. В. Валиуллин // Астраханский медицинский журнал. – 2012. – Т. 7, вып. 4. – С. 87–89.

6. Chimenti M. S. Histopathology of the skin in rheumatic diseases / M. S. Chimenti, A. Di Stefani, P. Conigliaro [et al.] // *Reumatismo*. – 2018. – Vol. 70, No 3. – P. 187–198. <https://doi.org/10.4081/reumatismo.2018.1049>. PMID: 30282444.
7. Хабаров В. Н. Экспрессия маркеров клеточного обновления в клетках кожи человека под действием препаратов гиалуроновой кислоты / В. Н. Хабаров, И. М. Кветной, Н. С. Линькова [и др.] // *Молекулярная медицина*. – 2020. – Т. 18, вып. 5. – С. 53–57.
8. Хлебникова А. Н. Особенности пролиферации и межклеточной адгезии в предраковых и злокачественных эпителиальных опухолях кожи / А. Н. Хлебникова, Л. Е. Гуревич, Е. В. Селезнева [и др.] // *Альманах клинической медицины*. – 2016. – Т. 44, вып. 1. – С. 58–63.
9. He W. L. Combined evaluation of centromere protein H and Ki-67 as prognostic biomarker for patients with gastric carcinoma / W. L. He, Y. H. Li, D. J. Yang [et al.] // *Eur J Surg Oncol*. – 2013. – Vol. 39, No 2. – P. 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2012.08.023>
10. Kim S. A. Differential expression of cyclin D1, Ki-67, pRb, and p53 in psoriatic skin lesions and normal skin / S. A. Kim, Y. W. Ryu, J. I. Kwon [et al.] // *Mol Med Rep*. – 2018. – Vol. 17, No 1. – P. 735–742. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.8015>. Epub 2017 Nov 8. PMID: 29115643; PMCID: PMC5780150.
11. Mauskar N. A. Donor site healing dynamics: molecular, histological, and noninvasive imaging assessment in a porcine model / N. A. Mauskar, S. Sood, T. E. Travis [et al.] // *J Burn Care Res*. – 2013. – Vol. 34, No 5. – P. 549–562. <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3182839aca>. PMID: 23511287.
12. Stewart C. J. Fascin and cyclin D1 immunoreactivity in non-neoplastic vulvar squamous epithelium, vulvar intraepithelial neoplasia and invasive squamous carcinoma: correlation with Ki67 and p16 protein expression / C. J. Stewart, M. L. Crook // *J Clin Pathol*. – 2013. – Vol. 67, No 4. – P. 319–325. <https://doi.org/10.1136/jclinpath-2013-201920>. Epub 2013 Nov 11. PMID: 24218024.
13. Fix W. C. MART-1-labeled melanocyte density and distribution in actinic keratosis and squamous cell cancer in situ: Pagetoid melanocytes are a potential source of misdiagnosis as melanoma in situ / W. C. Fix, S. J. Yun, C. M. Groft MacFarlane [et al.] // *J Cutan Pathol*. – 2018. – Vol. 45, No 10. – P. 734–742. <https://doi.org/10.1111/cup.13309>. Epub 2018 Jul 31. PMID: 29943494.

STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE SKIN IN THE DYNAMICS OF BURN EXPOSURE

*Azhikova A. K.¹, Velikorodnaya YU. V.^{2,3}, Smirnov A. V.^{2,3}, Bashkina O. A.¹,
Samotrueva M. A.¹*

¹*Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia*

²*Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia*

³*Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russia*

E-mail: alfia-imacheva@mail.ru

In the study of the genesis of skin pathology, special attention is paid to the study of the molecular and cellular mechanisms of the regenerator process. Currently, immunohistochemical examination, which is the most accurate method for assessing the proliferative cell pool in pathophysiological conditions, has high prognostic significance. The study of immunohistochemical markers such as markers of proliferation, apoptosis, regenerative process, etc., will accurately assess the intensity of reparative processes in damaged tissues and can be recommended as a model for determining the severity of repair.

The article describes the morphological features and proliferative potential of the skin of white nonlinear rats in the dynamics of burn exposure. In an experiment on sexually

mature male laboratory animals, the structural organization and features of the proliferative activity of keratinocytes in the dynamics of burn exposure were studied. The immunohistochemical method was used to evaluate the expression of markers of proliferative activity. The Ki-67 Proliferation Index (IKi-67) was used to quantify the expression of proliferative activity markers.

Given the potential for nuclear Ki-67 protein expression in dividing cells, this indicator allows it to be used as a reliable marker for detecting the proliferation pool, and immunohistochemical examination of the skin can be used as an additional prognostic indicator of the course of post-traumatic regeneration.

Structural transformations of the skin of the interscapular region of the back of white rats during exposure to thermal burn are caused by the development of destructive processes in the form of an increase in perivascular spaces and their swelling on days 2, 4, 7. Extensive changes with the initial manifestations of the exudative phase of inflammation in the form of pronounced hemodynamic disorders were combined with a negative Ki-67 reaction during these observation periods, a sign of the absence of proliferative activity of epitheliocytes due to a sequential change in the phases of primary and secondary alteration. Within 2–7 days after a burn injury, this indicator was repeatedly reduced due to an increase in the decrease in keratinocyte proliferation.

Analysis of the distribution of Ki-67+ skin cells (proliferating keratinocytes) revealed the highest value of mitotic division on day 10 after burn. During this period, partial restoration of disturbed cell structures took place. An increase in the number of Ki-67-immunopositive nuclei of most cells can be considered as an indicator of active cell proliferation. In the course of the study, it was found that the degree of expression of proliferation regulator proteins (Ki-67) against the background of skin burn injury increases on the 10th day of the experiment, which determines the restoration of proliferative activity of damaged skin cells in these periods. A detailed analysis of the immunomorphological characteristics of skin cells during the regeneration of burn wounds indicates a chronological dependence of the expression of markers of the regenerator process.

Thus, the study of cytomorphological features of the skin in the post-burn period will serve as an important criterion for the effectiveness of wound correction and may contribute to the development of new strategies for the diagnosis, prediction and treatment of pathophysiological processes at the skin level.

Keywords: skin, thermal burn wound, regeneration, immunohistochemical method of investigation, proliferation marker (Ki-67).

References

1. Korolkova T. N., Kalmykova N. V., Kruglik E. V., Zinoviev E. V. Study of immunohistochemical indicators in the epidermis and dermis when using skin regeneration agents, *Clinical dermatology and venereology*, **18** (4), 460 (2019).
2. Prokhorov D. V. Role of markers of cellular renewal (all-2, p-53) and proliferation (ki-67) in the diagnosis of malignant melanocytic skin neoplasms, *Ukrainian Journal of Dermatology, Venereology, Cosmetology*, **4** (51), 31 (2013).

3. Voloshin R. N., Protsenko O. A., Didenko I. V., Snitko A. V. Optimization of treatment of human papillomavirus-induced skin proliferation, *Bulletin of Surgut State University. Medicine*, **1** (47), 75 (2021).
4. Galeeva A. G., Kamilov F. H., Kapuler O. M., Danilova O. V. Proliferation of skin cells of experimental animals during intradermal administration of hyaluronic acid, *Electronic scientific and educational bulletin Health and education in the 21st century*, **19** (4), 7 (2017).
5. Gorshunova G. N., Valiullin V. V. Immunohistochemical characteristic of the skin of patients with diabetes, *Astrakhan Medical Journal*, **7** (4), 87 (2012).
6. Chimenti M. S., Di Stefani A., Conigliaro P., Saggini A., Urbani S., Giunta A., Esposito M., Bianchi L., Peris K., Perricone R., Histopathology of the skin in rheumatic diseases, *Reumatismo*, **70** (3), 187 (2018) <https://doi.org/10.4081/reumatismo.2018.1049>. PMID: 30282444.
7. Khabarov V. N., Kvetnoy I. M., Linkova N. S., Paltsev M. A. Expression of cell renewal markers in human skin cells under the action of hyaluronic acid preparations, *Molecular medicine*, **18** (5), 53 (2020).
8. Khllebnikova A. N., Gurevich L. E., Selezneva E. V., Obydenova K. V., Sedova T. G., Kuntsevich Zh. S. Features of proliferation and intercellular adhesion in precancerous and malignant epithelial skin tumors, *Almanac of Clinical Medicine*, **44** (1), 58 (2016).
9. He W. L., Li Y. H., Yang D. J., Song W., Chen X. L., Liu F. K., Wang Z., Li W., Chen W., Chen C. Y., He Y. L., Zhan W. H. Combined evaluation of centromere protein H and Ki-67 as prognostic biomarker for patients with gastric carcinoma, *Eur J Surg Oncol.*, **39** (2), 141 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2012.08.023>.
10. Kim S. A., Ryu Y. W., Kwon J. I., Choe M. S., Jung J. W., Cho J. W. Differential expression of cyclin D1, Ki-67, pRb, and p53 in psoriatic skin lesions and normal skin, *Mol Med Rep.*, **17** (1), 735 (2018). <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.8015>. Epub 2017 Nov 8. PMID: 29115643; PMCID: PMC5780150.
11. Mauskar N. A., Sood S., Travis T. E., Matt S. E., Mino M. J., Burnett M. S., Moffatt L. T., Fidler P., Epstein S. E., Jordan M. H., Shupp J. W. Donor site healing dynamics: molecular, histological, and noninvasive imaging assessment in a porcine model, *J Burn Care Res.*, **34** (5), 549 (2013). <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3182839aca>. PMID: 23511287.
12. Stewart C. J., Crook M. L. Fascin and cyclin D1 immunoreactivity in non-neoplastic vulvar squamous epithelium, vulvar intraepithelial neoplasia and invasive squamous carcinoma: correlation with Ki67 and p16 protein expression, *J Clin Pathol.*, **67** (4), 319 (2014). <https://doi.org/10.1136/jclinpath-2013-201920>. Epub 2013 Nov 11. PMID: 24218024.
13. Fix W. C., Yun S. J., Groft MacFarlane C. M., Jambusaria A., Elenitsas R., Chu E., Etkorn J. R., Sobanko J. F., Shin T. M., Miller C. J. MART-1-labeled melanocyte density and distribution in actinic keratosis and squamous cell cancer in situ: Pagetoid melanocytes are a potential source of misdiagnosis as melanoma in situ, *J Cutan Pathol.*, **45** (10), 734 (2018). <https://doi.org/10.1111/cup.13309>. Epub 2018 Jul 31. PMID: 29943494.

УДК 314.7, 614.1

ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Горячева Т. В., Евсева А. А.

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

Движение населения тесно связано с распространением инфекционных заболеваний. Цель настоящей работы - оценить с помощью вероятностных моделей потенциальное влияние различных аспектов миграции на распространение социально опасных заболеваний. Актуальность исследования обусловлена тем, что состояние здоровья населения является интегральным показателем социальной ориентированности государства, отражающим степень его ответственности перед своими гражданами. Проанализировав полученные результаты, можно выделить группу социально-значимых заболеваний, на динамику распространения которых предположительно влияют миграционные процессы. В результате данного исследования была изучена динамика распространения социально опасных заболеваний среди населения Калужской области в 2007–2020 гг.

Ключевые слова: здоровье населения, заболеваемость, социально-опасные заболевания, миграция населения, здравоохранение, медицинская статистика.

ВВЕДЕНИЕ

Движение населения тесно связано с распространением инфекционных заболеваний [1]. Не случайно большое количество инфекционных заболеваний называют карантинными болезнями, находящимися под международным контролем. В России достаточно остро стоит проблема распространения заболеваний инфекционного характера. Связь между миграцией и распространением заболеваний данной группы, а также влияние присутствия мигрантов на распространение инфекционных заболеваний (в том числе "социально опасных") изучены недостаточно из-за отсутствия статистических данных [2]. Европейское региональное бюро ВОЗ утверждает, что не существует систематической связи между этими явлениями [3]. Инфекционные заболевания в основном связаны с бедностью. Считается, что социально-экономический статус определенных групп населения является наиболее важным фактором, влияющим на качество здоровья населения. У детей из семей мигрантов были выявлены более высокие показатели латентного и активного туберкулеза. Некоторые исследователи обнаружили, что значительная часть трудовых мигрантов, прибывающих в Россию, уже инфицирована гепатитом, что указывает на высокий риск дальнейшего распространения гепатита. В целом данная проблема в России изучена мало, однако есть ряд медико-демографических исследований, указывающих на существующие взаимосвязи миграционного движения населения и распространения социально

значимых заболеваний. Так, М. Л. Лифшиц и Н. П. Неклюдова пишут [4, 5], что в разные годы обнаружена достоверная статистическая связь между занятостью иностранных граждан и заболеваемостью сифилисом в РФ, долей населения мигрантов и распространением наркомании, притоком иностранных граждан и выявлением вирусного гепатита С. Исследования показывают, что миграция населения оказывает большое влияние на распространение ВИЧ и других заболеваний, передающихся половым путем [1]. Поэтому большинство исследователей, изучающих влияние иностранцев на эпидемиологическую ситуацию в принимающей стране, согласны с тем, что иммиграция может вносить значительный вклад в распространение социально опасных заболеваний, вопреки утверждениям Европейского бюро ВОЗ. Можно выделить следующие проблемы, характеризующие формирование здоровья населения в контексте международных миграций: прибывшие граждане могут быть носителями инфекций, представляющих существенную опасность для окружающих; мигранты оказывают нагрузку на систему здравоохранения принимающих территорий; вследствие нагрузки мигрантами местное население может быть оттеснено в сферу платных медицинских услуг. Таким образом, миграция наряду с другими социальными факторами оказывает влияние на общественное здоровье.

Цель настоящей работы – оценить с помощью вероятностных моделей потенциальное влияние различных аспектов миграции на распространенность социально опасных заболеваний. Актуальность исследования обусловлена тем, что состояние здоровья населения является интегральным показателем социальной ориентированности государства, отражающим степень его ответственности перед своими гражданами. Учет данных заболеваемости необходим для целенаправленного планирования работы врачей, медицинских организаций и органов здравоохранения, эффективного проведения медико-санитарных мероприятий, а также успешного управления лечебно-диагностическим процессом [4, 6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За основу для изучения были взяты данные о миграции и заболеваемости населения из сборника РОССТАТа «Калужская область в цифрах» за период с 2007 по 2020 гг. [6]. Следует уточнить, что мы располагали данными с 2007 г. по заболеваемости острыми кишечными инфекциями, острыми инфекциями верхних дыхательных путей, сальмонеллезными инфекциями, гриппом, скарлатиной, острыми гепатитами, коклюшем, ветряной оспой, сифилисом и ВИЧ-инфекцией. Для анализа заболеваемости болезнями органов дыхания, кожи, органов пищеварения, органов мочеполовой системы были доступны данные с 2010 г.

Корреляционные взаимосвязи между миграцией и распространением заболеваемости населения в Калужской области в 2007–2020 гг. определялись по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена [8]. Статистическая обработка материала проводилась при помощи электронных таблиц MS Excel [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлена динамика миграционных процессов в Калужской области в 2007–2020 гг. Можно отметить нарастающую тенденцию к увеличению показателей миграции. Спад показателей в 2020 году объясняет принятие в целях обеспечения безопасности государства, защиты здоровья населения и нераспространения новой коронавирусной инфекции на территории Российской Федерации постановления «О временном ограничении въезда в РФ иностранных граждан и лиц без гражданства и временном приостановлении оформления и выдачи виз и приглашений» [10].

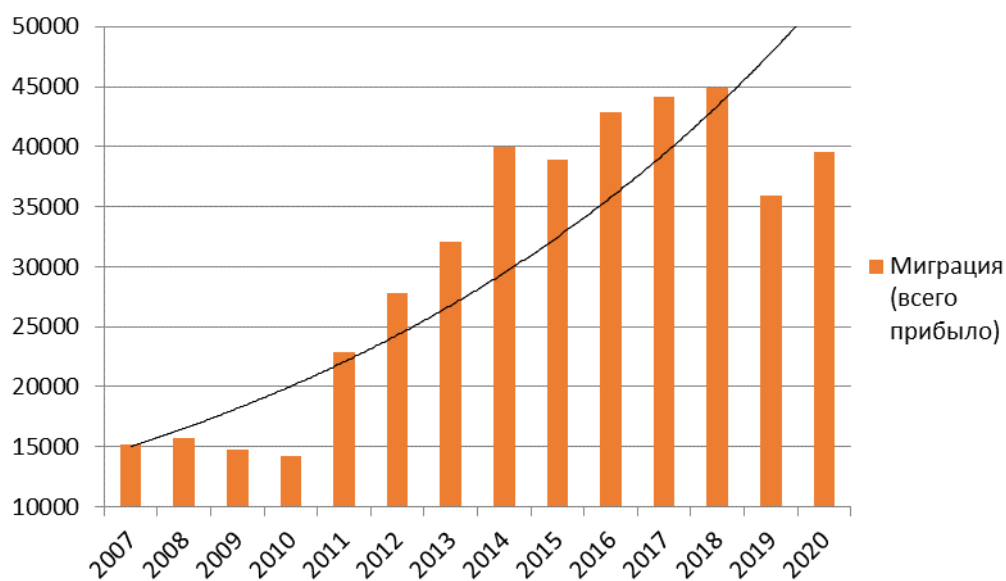


Рис. 1. Динамика миграционных процессов в Калужской области в 2007–2020 гг.

Динамика миграционных процессов в Калужской области в 2007–2020 гг., обусловленная количеством иностранных граждан в общем числе мигрантов, количеством граждан, прибывших в Калужскую область из стран СНГ, также характеризуется практически непрерывным ростом [7]. Небольшой спад показателей также зафиксирован в 2020 г. и объясняется вынужденными мерами борьбы с распространением коронавирусной инфекции 2019-пCoV. Уменьшение статистических данных, зафиксированный в 2019 г. предположительно связан с переучетом статистики миграции по всей России за предыдущий год, по отношению к данным более ранних лет.

Полагаясь на наше исследование, можем определить, что не все группы заболеваний зависят от динамики движения миграционных процессов, как внутри России, так и из-за рубежа. Часть болезней имеет довольно динамичную тенденцию к распространению среди населения, а другая часть предположительно не зависит от

изученных нами демографических процессов в Калужской области. Например, большую роль на распространение некоторых групп заболеваний влияет инкубационный период. Длительность его неодинакова при различных инфекциях и даже при одном и том же инфекционном заболевании у разных заболевших. Продолжительность этого скрытого периода зависит как от особенностей возбудителя инфекции, так и от состояния здоровья человека, его иммунного статуса.

Большое влияние на распространения социально-значимых заболеваний оказала и пандемия в связи с распространением коронавирусной инфекции 2019-nCoV. Но более точно оценить ее влияние можно будет, проанализировав данные по заболеваниям за 2021 и последующие года, после получения статистических данных за этот период.

При изучении влияния миграционных процессов на распространение заболеваемости населения Калужской области в 2007–2020 гг. в практических целях был проведен статистический корреляционный анализ (табл. 1).

В ходе исследования были произведены попытки поиска корреляционных взаимосвязей между миграционными процессами и распространением заболеваний в Калужской области.

При корреляционном анализе между общей миграцией и динамикой распространения заболеваемости органов дыхания в 2010–2020 гг. была обнаружена слабая тенденция к корреляционной связи ($r_s = 0.482$, при $p \leq 0,05$). Между общей миграцией и динамикой распространения острых инфекций верхних дыхательных путей в Калужской области в 2007–2020 гг. также была выявлена тенденция к корреляции ($r_s = 0.502$, при $p \leq 0,05$).

Между общей миграцией и распространением болезней органов пищеварения в Калужской области в 2010–2020 гг. была выявлена статистически значимая взаимосвязь ($r_s = 0.691$, при $p \leq 0,01$). По аналогии также нами был произведен поиск взаимосвязей между миграцией и динамикой распространения коклюша в Калужской области в 2007–2020 гг. В результате обнаружено, что данная связь также достигает уровня статистической значимости ($r_s = 0.818$, при $p \leq 0,01$). В ходе анализа было выявлено, что связь между общей миграцией и динамикой распространения заболеваемости ВИЧ-инфекции в Калужской области в 2007–2020 гг. достигает уровня статистической значимости ($r_s = 0.815$, при $p \leq 0,01$).

Также нами был произведен поиск взаимосвязей между миграцией и распространением болезней кожи, мочеполовой системы (2010–2020 гг.), острых кишечных инфекций, гриппа, острых гепатитов, ветряной оспы, сифилиса, скарлатины в Калужской области (2007–2020 гг.). В результате обнаружено, что данные связи не достигают уровня статистической значимости.

В ходе исследования мы также провели попытки поиска корреляционных взаимосвязей между количеством граждан, прибывших из других регионов России и распространением заболеваний в Калужской области.

Таблица 1.

Коэффициенты корреляции между показателями миграции и распространением заболеваний в Калужской области (2007–2020 гг.).

Период наблюдений	Миграция	Общая миграция	Внутренняя миграция	Миграция иностранных граждан (вне СНГ)	Миграция из стран СНГ
	Болезни				
2010–2020 гг.	Болезни органов дыхания	0.482*	0.236*	0.476*	0.382*
	Болезни кожи	-0.218*	-0.155*	-0.336*	-0.309*
	Болезни органов пищеварения	<u>0.691**</u>	0.491*	0.582*	0.573*
	Болезни органов мочеполовой системы	0.082*	0.036*	0.118*	0.127*
2007–2020 гг.	Острые кишечные инфекции	0.213*	0.204*	0.165*	0.182*
	Острые инфекции верхних дыхательных путей	0.502*	0.335*	0.542*	-0.489*
	Сальмонеллезные инфекции	-0.802*	-0.745*	-0.829*	-0.793*
	Грипп	-0.496*	-0.447*	-0.449*	-0.456*
	Скарлатина	-0.376*	-0.446*	-0.464*	-0.424*
	Острые гепатиты	-0.573*	-0.599*	-0.566*	-0.553*
	Коклюш	<u>0.818**</u>	<u>0.712**</u>	<u>0.787**</u>	<u>0.771**</u>
	Ветряная оспа	0.108*	0.046*	-0.068*	0.099*
	Сифилис	-0.231*	-0.305*	0.209*	-0.218*
ВИЧ-инфекция	<u>0.815**</u>	<u>0.785**</u>	<u>0.833**</u>	<u>0.802**</u>	

0.482* - тенденция к корреляции, **0.691**** - выявленная корреляция

* при $p \leq 0,05$

** при $p \leq 0,01$

В результате при корреляционном анализе связи между миграцией и динамикой распространения болезней кожи ($r_s = -0.155$, при $p \leq 0,05$), органов пищеварения ($r_s = 0.491$, при $p \leq 0,05$) мочеполовой системы ($r_s = 0.036$, при $p \leq 0,05$) и органов дыхания ($r_s = 0.236$, при $p \leq 0,05$) в Калужской области в 2010–2020 гг. не достигают уровня статистической значимости. По аналогии также нами был

произведен поиск взаимосвязей между миграцией и распространением заболеваемости острыми кишечными инфекциями ($r_s = 0.204$, при $p \leq 0,05$), сальмонеллезными инфекциями ($r_s = -0.745$, при $p \leq 0,05$), острыми гепатитами ($r_s = -0.599$, при $p \leq 0,05$), гриппом ($r_s = -0.447$, при $p \leq 0,05$) ветряной оспой ($r_s = 0.046$, при $p \leq 0,05$) сифилисом ($r_s = -0.305$, при $p \leq 0,05$), скарлатиной ($r_s = -0.446$, при $p \leq 0,05$) и острыми инфекциями верхних дыхательных путей ($r_s = 0.335$, при $p \leq 0,05$) в Калужской области в 2007–2020 гг. В результате обнаружено, что корреляция между этими данными также не достигает уровня статистической значимости.

Было установлено, что в 2007–2020 гг. связи между данным видом миграции и динамикой распространения ВИЧ-инфекции ($r_s = 0.785$, при $p \leq 0,01$) и коклюша ($r_s = 0.712$, при $p \leq 0,01$) являются статистически значимыми.

По аналогии мы также провели анализ, показывающий корреляционную связь между количеством иностранных граждан в общем числе мигрантов, прибывших в Калужскую область в 2007–2020 гг. и распространением групп социально значимых заболеваний.

Таким образом, при поиске взаимосвязей между данным видом миграции и динамикой распространения заболеваемости острыми инфекциями верхних дыхательных путей в 2007–2010 гг. ($r_s = 0.542$, при $p \leq 0,01$), органов дыхания ($r_s = 0.476$, при $p \leq 0,05$) и пищеварения ($r_s = 0.582$, при $p \leq 0,05$), в Калужской области в 2010–2020 гг. отмечается слабо выраженная тенденция к корреляции.

По аналогии также нами был произведен поиск взаимосвязей между данной миграцией и распространением острых кишечных инфекций ($r_s = 0.165$, при $p \leq 0,05$), ветряной оспы ($r_s = -0.068$, при $p \leq 0,05$), сифилиса ($r_s = -0.209$, при $p \leq 0,05$), скарлатины ($r_s = -0.464$, при $p \leq 0,05$), сальмонеллезных инфекций ($r_s = -0.829$, при $p \geq 0,05$), острых гепатитов ($r_s = -0.566$, при $p \leq 0,05$) гриппа ($r_s = -0.449$, при $p \leq 0,05$) за период с 2007 по 2020 гг., болезней кожи ($r_s = -0.336$, при $p \leq 0,05$), и мочеполовой системы ($r_s = 0.118$, при $p \leq 0,05$) в Калужской области в 2010–2020 гг. В результате обнаружено, что данная связь не достигает уровня статистической значимости.

При поиске взаимосвязей между количеством иностранных граждан в общем числе мигрантов, прибывших в Калужскую область и распространением, и коклюша ($r_s = 0.787$, при $p \leq 0,01$) и ВИЧ-инфекции ($r_s = 0.833$, при $p \leq 0,01$) в Калужской области в 2007–2020 гг. корреляционная связь опять достигает уровня статистической значимости.

Также был проведен анализ, показывающий корреляционную связь между количеством иностранных граждан, прибывших из стран СНГ в Калужскую область в 2010–2020 гг. и распространением данных заболеваний. Таким образом, при корреляционном анализе между данным типом миграции и динамикой распространения заболеваемости органов дыхания ($r_s = 0.382$ при $p \leq 0,05$), болезней кожи ($r_s = -0.309$ при $p \leq 0,05$), мочеполовой системы ($r_s = 0.127$ при $p \geq 0,05$) было обнаружено отсутствие статистической значимости между показателями. Между значениями данной миграции и распространением болезней органов пищеварения выявлена слабая тенденция к корреляции ($r_s = 0.573$ при $p \leq 0,05$).

Полученные результаты указывают, что связи между количеством иностранных граждан, прибывших из стран СНГ и динамикой распространения острых кишечных

инфекций ($r_s = 0.182$ при $p \leq 0,05$), сальмонеллезных инфекций ($r_s = -0.793$ при $p \leq 0,05$), скарлатиной ($r_s = -0.424$ при $p \geq 0,05$), острых инфекций верхних дыхательных путей ($r_s = -0.489$ при $p \leq 0,05$), гриппа ($r_s = -0.456$ при $p \leq 0,05$), острых гепатитов ($r_s = -0.553$ при $p \leq 0,05$), сифилисом ($r_s = -0.218$ при $p \leq 0,05$) и ветряной оспой ($r_s = 0.099$ при $p \leq 0,05$) в Калужской области в 2007–2020 гг. не достигает уровня статистической значимости.

При поиске взаимосвязей между данным видом миграции и распространением заболеваниями коклюшем ($r_s = 0.771$, при $p \leq 0,01$) и ВИЧ-инфекции ($r_s = 0.802$, при $p \leq 0,01$) в Калужской области в 2007–2020 гг. нами также была обнаружена статистически значимая взаимосвязь.

Проанализировав полученные результаты, можно выделить группу социально-значимых заболеваний, на динамику распространения которых предположительно влияют миграционные процессы. Например, коклюш и ВИЧ инфекция имеют высокую статистически значимую корреляционную связь с общей и внутренней миграцией, а также миграцией иностранных граждан, в том числе из стран СНГ.

Несмотря на то, что коклюш можно предотвратить с помощью вакцин, заболевание считается одним из наименее контролируемых вакциноуправляемых инфекций и затрагивает все возрастные группы. Рост заболеваемости коклюшем объясняется различными факторами: снижение охвата вакцинацией декретированных групп, снижение со временем напряженности иммунитета, как после перенесённого заболевания, так и после вакцинации, повышение осведомленности клиницистов, оптимизация эпидемиологического надзора за коклюшем и повышение качества лабораторной диагностики, несоответствие персистирующих штаммов вакцинным, а также адаптация патогена к иммунной системе человека и влиянию вакцин [12].

В многолетней заболеваемости коклюшем в довакцинальный период каждые 2–5 лет отмечался подъем заболеваемости. Такая характеристика цикличности была описана современниками в период повсеместного применения цельноклеточной коклюшной вакцины, и все еще имеет место в нынешнее время распространения ацеллюлярной вакцины. Сохранение цикличности в многолетней заболеваемости коклюшем после длительного массового применения вакцин от коклюша отличается от того, что наблюдалось при других вакциноуправляемых заболеваниях. Так как подъем заболеваемости во временном периоде зависит от скорости притока восприимчивых людей, при увеличении иммунной прослойки и снижении циркуляции инфекционного агента, межэпидемический период удлиняется [12].

Коклюшная инфекция остается актуальной проблемой как для зарубежного, так и для отечественного здравоохранения. Таким образом, анализ заболеваемости коклюшем показал, что в последние годы (2008–2015 гг.) в большинстве стран европейского региона, Австралии, Канаде и США, на фоне высокого охвата прививками регистрируется большое количество заболевших этой инфекцией [12]. Наибольшее число больных коклюшем зарегистрировано в США: количество заболевших колебалось от 18 719, выявленных в 2011 г., до 48 277 – в 2012 г. Следует отметить, что для диагностики случаев коклюша в большинстве стран используют современные методы лабораторной диагностики. В большинстве стран

регистрируется высокая заболеваемость и смертность детей первого года жизни, продолжают сохраняться цикличность эпидемического процесса коклюша и участие в нем детей школьного возраста. Из-за высокого распространения коклюша по всему миру, можно предположить, что роль в распространении данного заболевания в России повсеместно могут играть миграционные движения, как внутри региона, так и из-за рубежа.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) группирует страны распространения ВИЧ-инфекции по шести регионам [14]. Страны, наиболее затронутые ВИЧ, находятся в Африканском регионе ВОЗ, особенно в восточной и южной частях континента. Более двух третей людей с ВИЧ проживают в Африканском регионе ВОЗ. Так же отмечается, что число новых случаев инфицирования ВИЧ растет в Восточной Европе в т.ч. России, на Ближнем Востоке, в Северной Африке, Центральной Азии и в Центральноевропейском регионе.

По состоянию на 31 декабря 2020 г. среди граждан Российской Федерации было зарегистрировано 1492 998 человека с подтвержденным диагнозом «ВИЧ-инфекция», в том числе: 1104768 россиян, живущих с ВИЧ, и 388 230 умерших. Показатель заболеваемости ВИЧ-инфекцией в 2020 г. составил в Российской Федерации 49,1 на 100 тыс. населения [14].

Таким образом, можно сделать вывод о том, вопрос распространения ВИЧ-инфекции занимает главенствующую роль в мире. ВИЧ влияет не только на здоровье отдельного человека, но и на общество и государство в целом [15].

Так же необходимо отметить, что проведенная оценка состояния здоровья населения Калужской области свидетельствует о том, что для улучшения состояния здоровья населения области необходима целенаправленная разработка научно-обоснованных рекомендаций и проведение мероприятий по более эффективной профилактике и своевременной современной диагностике по всем классам болезней.

В результате данного исследования мы изучили динамику распространения социально опасных заболеваний среди населения Калужской области в 2007–2020 гг. Выявили взаимосвязь между некоторыми социально значимыми заболеваниями и движением населения в Калужской области в 2007–2020 гг., а также отметили группу болезней, в которой мы выявили тенденцию к корреляционной связи. Из-за высоких показателей мировой статистики, можно предположить, что миграционные движения ощутимо влияют на распространение ВИЧ-инфекции и коклюша, в том числе в Калужской области.

Предположительно на динамику распространения острых инфекций верхних дыхательных путей большое влияние оказывает миграция иностранных граждан, благодаря этому имеется тенденция к корреляционной связи и у общей миграции в Калужской области. Возможно, данный результат был получен из-за совпадения трендов коррелируемых процессов. Небольшая тенденция к корреляционной связи была отмечена у динамики распространения болезней органов дыхания с общей миграцией и миграцией иностранных граждан. У остальных групп заболеваний нами не была найдена корреляционная связь, что может говорить об отсутствии влияния распространения всех видов миграционного движения в Калужской области на исследуемые данные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате данного исследования изучена динамика распространения социально опасных заболеваний среди населения Калужской области в 2007–2020 гг.
2. Выявлена взаимосвязь между заболеваниями коклюш и ВИЧ-инфекцией со всеми рассмотренными видами миграции в 2007–2020 гг., а также показателями болезней органов пищеварения и общей миграцией в Калужской области в 2010–2020 гг.
3. Выявлены тенденции к корреляции между распространением болезней органов дыхания с общей миграцией и миграцией иностранных граждан, болезней органов пищеварения и внутренней миграцией, а также миграцией иностранных граждан и прибывших из стран СНГ в 2010–2020 гг.

Список литературы

1. Егорова Е. А. Современные миграционные процессы и их влияние на трансформацию социально-демографических структур населения России [Текст] / Е. А. Егорова, Н. Д. Эпштейн, А. В. Васильева. – 2015. – С. 1.
2. Эльдяева Н. А. Анализ влияния миграции на социально-экономическое развитие регионов [Текст] / Н. А. Эльдяева, Е. С. Кованова. – 2013. – С. 4.
3. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] // URL: <https://www.euro.who.int/ru/media-centre/sections/statements/2015/statement-population-movement-is-a-challenge-for-refugees-and-migrants-as-well-as-for-the-receiving-population/frequently-asked-questions-on-migration-and-health> (дата обращения: 26.04.2021).
4. Лифшиц М. Л. Влияние международной и внутренней миграции на распространение некоторых инфекционных заболеваний и наркомании в регионах РФ [Текст] / М. Л. Лифшиц, Н. П. Неклюдова // Экономика региона. – 2019. – Т. 15, вып. 4. – С. 1184–1198.
5. Лифшиц М. Л. Факторный анализ влияния трудовой миграции на распространение социально опасных заболеваний в регионах России / Лифшиц М. Л., Неклюдова Н. П. // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2018. – Т. 11, № 6. – С. 229–243. DOI: 10.15838/esc.2018.6.60.14
6. Порада Н. Е. Общественное здоровье и здравоохранение [Текст] / Н. Е. Порада, И. В. Малахова, М. Ю. Сурмач. – 2017. – С. 5–10.
7. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калужской области [Электронный ресурс] // URL: <https://kalugastat.gks.ru/> (дата обращения: 27.04.2022).
8. Кириллов А. В. Статистика [Текст] / А. В. Кириллов, Е. З. Глазунова. – 2012. – С. 9.
9. Основы теории статистики : [учеб. пособие] / В. В. Полякова, Н. В. Шаброва; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Урал. унта, 2015. – 148 с.
10. Распоряжение Правительства РФ от 16.03.2020 N 635-р (ред. от 14.04.2022) «О временном ограничении въезда в Российскую Федерацию иностранных граждан и лиц без гражданства и временном приостановлении оформления и выдачи виз и приглашений» [Электронный ресурс] / URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_347693/ (дата обращения 20.04.22).
11. Коцарь Е. В. и др. Современная эффективность антибиотикотерапии при сальмонеллезном бактерионосительстве // <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-tendentsii-v-razvitiiraspromeniya-vich-infektsii/viewerhttps://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-effektivnost-antibiotikoterapii-pri-salmonelleznom-bakterionositelstve/viewer> (дата обращения: 21.04.2022).
12. Ломоносова А. В. Эпидемиологические особенности и основные направления надзора и профилактики коклюша на современном этапе [Текст] : дис. ... канд. мед. наук : 14.02.02 / А. В. Ломоносова. – М., 2021. – 201 с.
13. Басов А. А. Проблема коклюша в некоторых регионах мира / Басов А. А., Цвиркун О. В., Герасимова А. Г., Зекореева А. Х. // Инфекция и иммунитет. – 2019. – Т.9. №2. – С. 354–362.

14. Информационный бюллетень – Глобальная статистика по ВИЧ [Электронный ресурс] / URL: <https://www.unaids.org/ru/resources/fact-sheet> (дата обращения: 28.04.2022).
15. Радзиховская М. В. Глобальные тенденции в развитии распространения ВИЧ инфекции в мире / М. В. Радзиховская, М. Г. Москвичева, Н. Ю. Брылина // [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-tendentsii-v-razvitii-rasprostraneniya-vich-infektsii/viewer/> (дата обращения 30.04.22)

THE INFLUENCE OF MIGRATION PROCESSES ON THE STATE OF MORBIDITY OF THE POPULATION OF THE KALUGA REGION

Goryacheva T. V., Evseeva A. A.

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

Population movement is closely related to the spread of infectious diseases. It is no coincidence that a large number of infectious diseases are called quarantine or diseases under international control. The purpose of this work is to evaluate with the help of probabilistic models the potential impact of various aspects of migration on the prevalence of socially dangerous diseases. The relevance of the study is due to the fact that the health status of the population is an integral indicator of the social orientation of the state, reflecting the degree of its responsibility to its citizens. Taking into account morbidity data is necessary for purposeful planning of the work of doctors, medical organizations and health authorities, effective implementation of medical and sanitary measures, as well as successful management of the medical and diagnostic process.

The study was based on data on migration and morbidity of the population from the ROSSTAT collection "Kaluga Region in figures" for the period from 2007 to 2020. The correlation between migration and the prevalence of morbidity in the Kaluga region in 2007–2020 was determined by the Spearman rank correlation coefficient. Statistical processing of the material was carried out using MS Excel spreadsheets.

As a result of this study, we studied the dynamics of the spread of socially dangerous diseases among the population of the Kaluga region in 2007–2020. We identified the relationship between a group of socially significant diseases of the Kaluga region in 2007–2020, and also noted a group of diseases in which we identified a tendency to correlation. Due to the high indicators of world statistics, it can be assumed that migration movements significantly affect the spread of HIV infection and whooping cough, including in the Kaluga region.

In the group of digestive diseases, a link was found with general migration, as well as a tendency to correlate with internal migration from other regions of Russia, the resettlement of foreign citizens, including from CIS countries. Presumably, the dynamics of the spread of acute upper respiratory tract infections is greatly influenced by the migration of foreign citizens, due to this there is a tendency to correlate with the general migration in the Kaluga region. Perhaps this result was obtained due to the coincidence of trends. A slight tendency towards correlation was noted in the dynamics of the spread of respiratory diseases to general migration and migration of foreign citizens. In the

remaining groups of diseases, we did not find a correlation, which may indicate that there is no influence of the spread of all types of migration movement in the Kaluga region on the data under study.

Keywords: population health, morbidity, socially dangerous diseases, population migration, healthcare, medical statistics.

References

1. Egorova E. A. *Modern migration processes and their impact on the transformation of socio-demographic structures of the Russian population*, 1 (2015).
2. Eldyaeva N. A., Kovanova E. S. *Analysis of the impact of migration on the socio-economic development of regions* [Text], 4 (2013).
3. World Health Organization. URL: <https://www.euro.who.int/ru/media-centre/sections/statements/2015/statement-population-movement-is-a-challenge-for-refugees-and-migrants-as-well-as-for-the-receiving-population/frequently-asked-questions-on-migration-and-health> (accessed: 04/26/2021).
4. Lifshits M. L. The impact of international and internal migration on the spread of certain infectious diseases and drug addiction in the regions of the Russian Federation, *The Economy of the region*, **15, 4**, 1184 (2019).
5. Lifshits M. L., Neklyudova N. P. Factor analysis reflecting the impact of labor migration on the spread of socially dangerous diseases in Russia, *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, **11, 6**, 229 (2018) DOI: 10.15838/esc.2018.6.60.14
6. Porada N. E. *Public health and healthcare*, 5 (2017).
7. *Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Kaluga region* [Electronic resource] URL: <https://kalugastat.gks.ru/> (accessed: 04/26/2021).
8. Kirillov A. V. *Statistics*, 9 (2012).
9. Fundamentals of the theory of statistics. Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Federation, Ural. feder. un-T. – 2nd ed., ispr. and dop. Yekaterinburg: Ural Publishing House. unta. 148. (2015).
10. Order of the Government of the Russian Federation of 16.03.2020 N 635-r (ed. of 14.04.2022) "On temporary restriction of entry into the Russian Federation of foreign citizens and stateless persons and temporary suspension of registration and issuance of visas and invitations" [Electronic resource] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_347693/? (accessed 20.04.22).
11. Kotsar E. V. et al. Modern effectiveness of antibiotic therapy in salmonella bacteriocarriage. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-effektivnost-antibiotikoterapii-pri-salmonelleznom-bakterionositelstve/viewer> (accessed: 04/21/2022).
12. Lomonosova A. V. *Epidemiological features and main directions of supervision and prevention of whooping cough at the present stage* [Text] : dis. ... Candidate of Medical Sciences, 201 (2021).
13. Basov A. A. *The problem of whooping cough in some regions of the world Infection and immunity*, **9, 2**, 354 (2019).
14. *Newsletter – Global HIV Statistics*. URL: <https://www.unaids.org/ru/resources/fact-sheet> (accessed: 04/28/2022).
15. Radzikhovskaya M. V. *Global trends in the development of the spread of HIV infection in the world*. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-tendentsii-v-razvitii-rasprostraneniya-vich-infektsii/viewer/> (accessed 30.04.22)

УДК 612.1/8:796.31/32

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЛЕЙБОЛИСТОК РАЗЛИЧНЫХ ИГРОВЫХ АМПЛУА

Грабовская Е. Ю., Сергеева С. И.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: grabovskaya13@mail.ru*

Для изучения морфо-функциональных особенностей спортсменок-волейболисток разных игровых амплуа на этапе совершенствования спортивного мастерства было обследовано 24 девушки в возрасте 21–33 лет, имеющих квалификацию от первого взрослого разряда до мастера спорта. Спортсменки относились к следующим игровым амплуа: либеро, связующие, нападающие (центральный блокирующий, диагональный нападающий, доигровщик). Определялись антропометрические и функциональные показатели, а также ряд морфофункциональных индексов. Выявлены наиболее существенные различия между волейболистками-либеро и центральными блокирующими по показателям возраста, роста, длины руки, индексам Эрисмана, Брока, ОТ/Р, уровню вегетативной регуляции ($p \leq 0,05$ – $p \leq 0,001$). Результаты исследования могут использоваться для медико-биологического контроля, дозирования и планирования тренировочных нагрузок.

Ключевые слова: волейбол, игровое амплуа, антропометрические показатели, индексы пропорциональности развития.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что в настоящее время для волейбола характерным является существенное усиление специализации игровых действий. Одной из важнейших закономерностей игровой деятельности в волейболе является деление игроков по функциям. Такая закономерность, в первую очередь, формируется благодаря особенностям проявления индивидуальных способностей игроков, существенно влияющих на уровень мастерства спортсмена и определяющих его игровую функцию. Поэтому, при определении узкой специализации волейболиста необходимо учитывать два фактора: с одной стороны это некоторая ограниченность игровых возможностей каждого игрока, с другой – необходимость использования преобладающих способностей каждого игрока в интересах всей команды [1–6]. В последние десятилетия при проведении многочисленных соревнований различного уровня был накоплен существенный опыт, на основании которого были существенно изменены некоторые правила волейбола. Так, на поле появился игрок-либеро, не принимающий участия в игровых действиях у сетки, но за счет демонстрации высокой скорости, координации, акробатической подготовки повышающий зрелищность игры, и, параллельно с этим увеличивающий время розыгрыша игрового эпизода. По мнению многих исследователей игрок-либеро способен предугадывать развитие атаки соперника и направление атакующего

удара, и, в первую очередь, отвечает за защитные действия команды, после которых следует передача и атака [7, 8]. Считается, что либеро характеризуются высокой скоростью реакции, способностью доставать мяч в самых сложных ситуациях, в том числе и в падении обеими руками, принимать мощные атакующие удары [8–10].

Как известно, спортивное мастерство, и, следовательно, спортивный результат существенно зависят от многочисленных факторов системы подготовки спортсменов [4, 7, 10–13]. К одному из таких факторов, обеспечивающих основу совершенствования спортивного мастерства в волейболе, можно отнести индивидуальные морфо-функциональные особенности спортсменов. При отборе волейболистов необходимо учитывать длину и функцию каждого сегмента тела, меняющиеся с возрастом. Установлено, что волейболисты одного и того же возраста, с одинаковой длиной тела и функциональными показателями, но разными морфологическими соотношениями по-разному справляются с двигательными задачами [4, 7, 10]. В связи с этим, изучение морфо-функциональных характеристик волейболисток разных игровых амплуа, и, в том числе, игроков-либеро, по-прежнему является актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения морфо-функциональных особенностей спортсменок-волейболисток разных игровых амплуа на этапе совершенствования спортивного мастерства было обследовано 24 девушки в возрасте 21–33 лет, имеющих квалификацию от первого взрослого разряда до мастера спорта. Спортсменки относились к следующим игровым амплуа: либеро, связующие, нападающие (центральный блокирующий, диагональный нападающий, доигровщик).

Были обследованы волейболистки следующих игровых амплуа: либеро, связующие, нападающие (центральный блокирующий, диагональный нападающий, доигровщик). В ходе исследования определялись антропометрические и функциональные показатели: длина тела (см); масса тела (кг); длина руки, плеча, предплечья (см); окружность грудной клетки (см); обхват талии (см); систолическое и диастолическое артериальное давление (мм рт.ст), частота сердечных сокращений в покое (уд/мин). Рассчитывались следующие индексы: вегетативный индекс Кердо (ВИК, ед.); индекс массы тела (bodymassindex, BMI, $\text{кг}/\text{см}^2$); индекс Пинье (ИП, ед.); индекс Эрисмана (ИЭ, ед.); индекс Ливи (ИЛ, %); отношение обхвата талии к росту (ОТ/Р, %); индекс Брока (ИБ, кг) [4]. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась с помощью табличного редактора Microsoft Excel и программного пакета Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При обследовании девушек-волейболисток различных игровых амплуа были получены следующие результаты. Так, средний возраст либеро составил $32,0 \pm 3,0$ года, доигровщиков $21,3 \pm 2,1$ год, центральных блокирующих $27,7 \pm 5,2$ лет, связующих $22,7 \pm 0,6$ года, диагональных нападающих $32,0 \pm 1,4$ года. Следовательно, наиболее возрастными были волейболистки-либеро и диагональные нападающие.

Длина тела в среднем составила у либеро 170,3±1,7 см, у доигровщиков - 174,5±2,5 см, центральных блокирующих - 183,5±2,0 см, связующих - 187,7±1,1 см, диагональных нападающих - 177,5±2,0 см (табл.1).

Полученные данные говорят о том, что либеро – наиболее низкорослые игроки в команде. По мнению некоторых авторов [3, 13] игроки-либеро достаточно часто переходят в это игровое амплуа из «полевых» игроков, более опытных, возрастных и имеющих более высокий рост.

Таблица 1
Антропометрические показатели девушек-волейболисток разных игровых амплуа (M±m, n=32)

Игровое амплуа	Показатели				
	Возраст, лет	Длина тела, см	Вес, кг	Обхват грудной клетки, см	Обхват талии, см
Либеро	32,0±3,0	170,3±1,7	64,3±4,6	79,7±8,6	74,7±5,4
Доигровщики	21,3±2,1	174,5±2,5	65,5±7,1	78,0±3,2	67,5±4,8
Центральные блокирующие	27,7±5,2	183,5±2,0 <i>p_{л,цб} ≤ 0,01</i>	66,3±4,9	79,8±3,4	74,8±4,0
Связующий	22,7±0,6	187,7±1,1 <i>p_{л,с} ≤ 0,001</i>	69,0±2,7	79,0±5,3	70,0±3,5
Диагональный нападающий	32,0±1,4	177,5±2,0 <i>p_{л,дн} ≤ 0,05</i>	70,5±9,2	82,0±0,9	73,0±1,4

Примечания:

p_{л,цб} – достоверность различий для группы либеро и центральные блокирующие,

p_{л,с} – достоверность различий для группы либеро и связующие,

p_{л,дн} – достоверность различий для группы либеро и диагональный нападающий

Сделаны предположения о том, что в профессиональных командах при подборе игрока-либеро необходимо учитывать возраст и рост этого игрока: возраст должен в среднем быть равным возрасту «полевых» игроков, а рост может достигать 185–190 см. Хотя, есть мнения, характеризующие рост игрока-либеро в диапазоне 183–185 см.

Масса тела девушек-волейболисток в среднем составила: у либеро – 64,3±1,6 кг, доигровщиков – 65,5±2,1 кг, центральных блокирующих – 66,3±3,9 кг, связующих – 69,0±2,7 кг, диагональных нападающих – 70,5±2,2 кг. Такие результаты достаточно закономерны, и, в первую очередь, для игроков-либеро, имеющих самый маленький рост. Обхват грудной клетки у игроков разных игровых амплуа находился в диапазоне от 78,0 до 82,0 см, а обхват талии – от 67,5 см до 74,8 см. Таким образом, данные показатели существенно не отличались у игроков разных игровых амплуа (табл.1).

При определении длины руки девушек-волейболисток наименьший показатель зафиксирован у либеро - 71,0±1,2 см, наибольший - у центральных блокирующих –

77,2±1,8 см, разница составила 8,7 % ($p \leq 0,05$). При этом разница в длине плеча и предплечья находилась в диапазоне от 6,7 % до 7,2 % соответственно и была недостоверной. Полученные результаты свидетельствуют, что длина верхних конечностей у волейболисток разных игровых амплуа не имеет существенных различий.

Наименьший индекс массы тела был зафиксирован в группе волейболисток-центральных блокирующих (18,3±3,3 кг/см²), у доигровщиц и связующих он был выше на 17,5 % ($p \leq 0,05$) и составил 21,5–21,6 кг/см², у либеро и диагональных нападающих – выше на 21,9 % ($p \leq 0,01$) и составил 22,1–22,3 кг/см² (рис. 1).

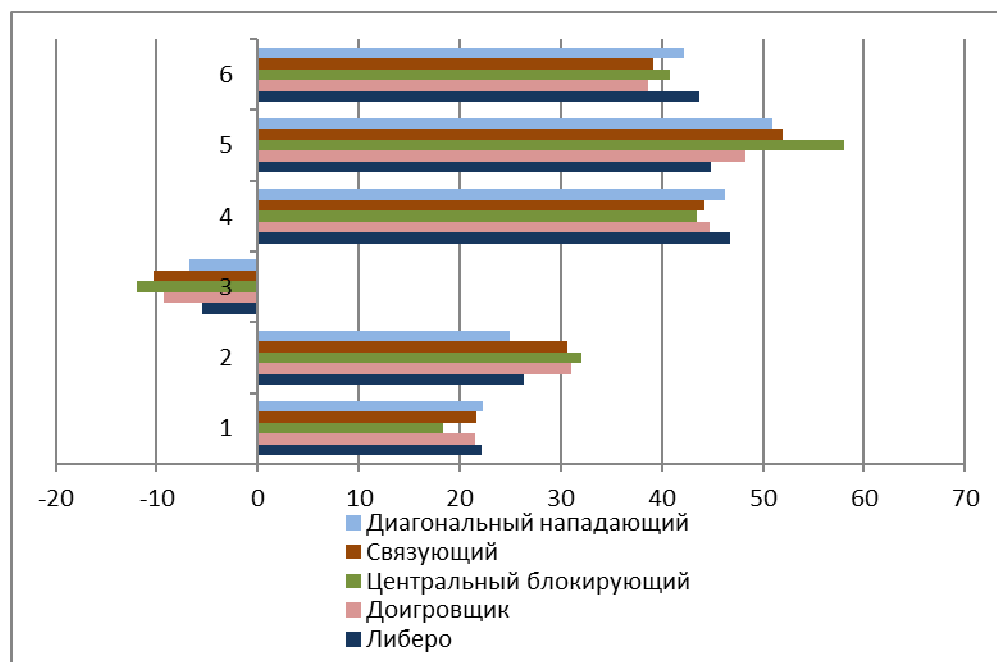


Рис. 1. Величина индексов пропорциональности развития девушек-волейболисток разных игровых амплуа.

Примечания: 1 - индекс массы тела (кг/см²); 2 - индекс Пинье (ед.); 3 - индекс Эрисмана (ед.); 4 - индекс Ливи (%); 5 - индекс Брока (кг); 6 - индекс ОТ/Р (%);

Индекс Пинье у влейболисток разных игровых амплуа определялся в диапазоне от 25,0±2,8 ед. до 32,0±9,9 ед. и был наименьшим у диагональных нападающих и либеро, наибольшим – у центральных блокирующих. Индекс Эрисмана, характеризующий пропорциональность развития грудной клетки, был наименьшим у центральных блокирующих – минус 11,9±2,0 ед., наибольшим – у либеро (минус 5,5±1,6 ед.), диапазон колебаний данного показателя составил 116 % ($p \leq 0,01$) (рис. 1).

Индекс Ливи колебался в пределах 6,4 % у игроков разных амплуа, наименьшим был у центральных блокирующих – 43,5 %, наибольшим – у либеро

46,7 % и диагональных нападающих – 46,3 %. Индекс Брока у волейболисток разных игровых амплуа отличался существенно – на 29,5 % ($p \leq 0,01$), причем наименьшим он был у игроков-либеро ($44,8 \pm 1,3$ кг), наибольшим – у центральных блокирующих ($58,0 \pm 2,2$ кг). Индекс ОТ/Р, характеризующий количество брюшного жира у спортсменов, был наименьшим у доигровщиц, наибольшим – у игроков-либеро и составил $38,7 \pm 2,3$ ед. и $43,7 \pm 3,0$ ед. соответственно (рис. 1), однако такая величина показателя свидетельствует о нормальном количестве брюшного жира.

Исследование функциональных показателей сердечно-сосудистой системы девушек-волейболисток разных игровых амплуа позволяет говорить о том, что нормальные величины систолического и диастолического артериального давления определялись у волейболисток-либеро и доигровщиц. У центральных блокирующих, связующих и диагональных нападающих показатели систолического артериального давления были ниже нормы (от 100,8 до 104,7 мм рт.ст.) (рис. 2).

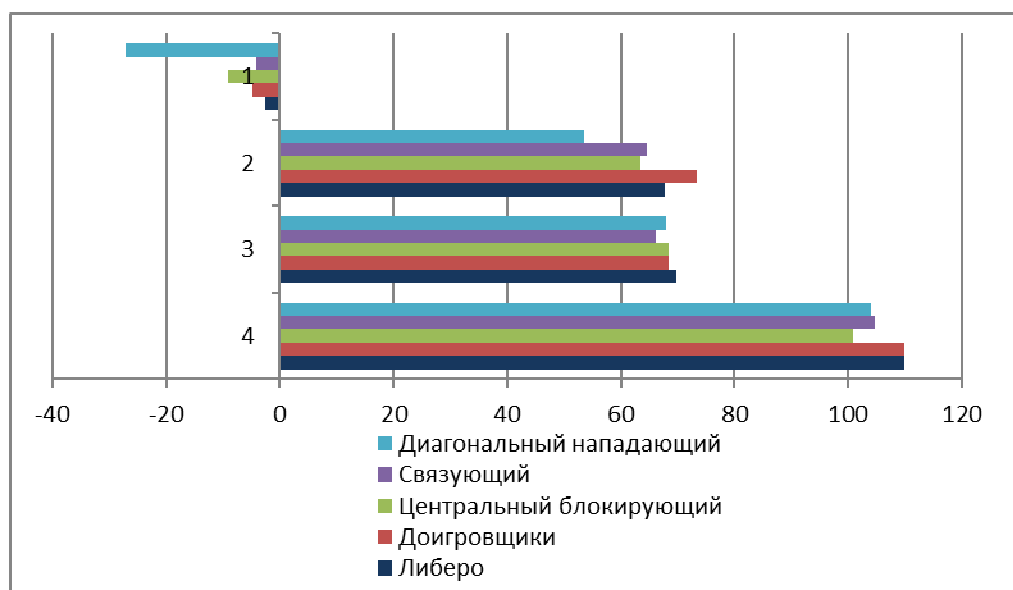


Рис. 2. Величина функциональных показателей сердечно-сосудистой системы девушек-волейболисток разных игровых амплуа.

Примечания: 1 – вегетативный индекс Кердо, ед.; 2 – ЧСС, уд/мин; 3 – АДД, мм рт.ст.; 4 – АДС, мм рт.ст.

ЧСС в среднем составила у либеро $67,7 \pm 8,4$ уд/мин, доигровщиц $73,3 \pm 14,0$ уд/мин, центральных блокирующих $63,5 \pm 8,6$ уд/мин, связующих $64,7 \pm 8,4$ уд/мин, диагональных нападающих $53,5 \pm 0,7$ уд/мин. По мнению многих авторов, ЧСС является интегральным показателем, характеризующим функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. У диагональных нападающих ЧСС характеризовалась брадикардией, что может быть результатом адаптации сердечно-сосудистой системы к интенсивным тренировочным нагрузкам.

Вегетативный индекс Кердо в среднем составил у либеро минус $2,6 \pm 3,8$ ед., у доигровщиков $4,9 \pm 5,6$ ед., у центральных блокирующих минус $9,2 \pm 2,0$ ед., у связующих минус $4,2 \pm 9,5$ ед., у диагональных нападающих минус $27,1 \pm 4,0$ ед. (рис. 2).

Величина ВИК у либеро и диагональных нападающих отличалась более чем в 9 раз ($p \leq 0,001$). Следовательно, можно говорить о том, что игроки-либеро относятся к нормотоникам, влияния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы у них уравновешены. Это же можно сказать и о доигровщиках, и о связующих. Диагональные нападающие, имеющие достаточно низкий ВИК, равный минус 27,1 ед. и четко выраженную брадикардию, характеризуются и ярко выраженной парасимпатикотонией.

Таким образом, индекс массы тела у большинства девушек-волейболисток находится в пределах нормы, только у центральных блокирующих, имеющих средний рост 183,5 см он ниже нормы. У волейболисток-либеро, так же как и у центральных блокирующих, связующих, диагональных нападающих телосложение слабое. Только у доигровщиц был определен средний тип телосложения. У девушек-волейболисток всех игровых амплуа слабое физическое развитие, грудная клетка узкая. Индекс Ливи характеризует обследованных волейболисток как «узкосложенных». Волейболистки практически всех игровых амплуа характеризуются сбалансированностью влияний симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, что проявляется нормотонией. Однако диагональные нападающие, имеющие достаточно низкий ВИК и четко выраженную брадикардию, характеризуются ярко выраженной парасимпатикотонией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования свидетельствуют о неоднородности некоторых морфофункциональных показателей у волейболисток разных игровых амплуа. Выявлены наиболее существенные различия между волейболистками-либеро и центральными блокирующими по показателям возраста, роста, длины руки, индексам Эрисмана, Брока, ОТ/Р, уровню вегетативной регуляции ($p \leq 0,05$ – $p \leq 0,001$). Результаты исследования характеризуют морфофункциональный статус девушек-волейболисток, занимающихся спортом длительное время, и могут использоваться для медико-биологического контроля, дозирования и планирования тренировочных нагрузок.

Список литературы

1. Железняк Ю. Д. Тенденции развития классического волейбола на современном этапе / Ю. Д. Железняк, Г. Я. Шипулин, О. Э. Сердюков // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 4. – С. 30–33.
2. Морфофункциональный статус волейболисток высшей лиги / Т. В. Колпакова, Г. Н. Казакова, Л. В. Синдеева и др. // Современные проблемы науки и образования: электронный журнал – 2012. – № 5. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7298> (дата обращения 28.02.2022).
3. Олейник Е. А. Анатомо-антропологические характеристики спортсменов игровых видов спорта / Е. А. Олейник // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 6 (100). – С. 94–99.

4. Соревновательная деятельность волейболистов на современном этапе развития / М. П. Спирин, Г. Я. Шипулин, О. Э. Сердюков и др. // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 9. – С. 34–37.
5. Gualdi-Russo E. Somatotype, role and performance in elite volleyball players / E. Gualdi-Russo, L. Zaccagni // J. Sports Med. Phys. Fitness. – 2001. – Vol. 41, No. 2. – P. 256–262.
6. Osadchiy O. V. Morphological features as selection criteria in volleyball / O. V. Osadchiy, I. M. Vashchenko // Bulletin of Chernihiv state pedagogical University, series: Pedagogical Sciences. Physical education and sport. – 2008. – Vol. 2. – P. 122–126.
7. Спирин М. П. Анализ соревновательной деятельности либеро сильнейших волейбольных команд России / М. П. Спирин // Актуальные проблемы внедрения комплекса ГТО и развития массового спорта : материалы Всерос. науч.-практич. конф., 1–3 ноября 2016 г. – 2016. – С. 229–234.
8. Сусова О. Н. Роль либеро в современном волейболе / О. Н. Сусова // Образование и воспитание. Международный научный журнал. – 2016. – №1 (06) – С.107–109.
9. Исайкина М. С. Индивидуальная интегральная подготовка «либеро» – специализированного защитника в волейболе / М. С. Исайкина, И. А. Ерошенко, А. С. Гладких // Известия Волгоградского государственного технического университета : межвуз. сб. науч. ст. Сер. Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе – 2013. – № 13(116), Вып. 10. – С. 63–65.
10. Кривошеин А. А. Волейбол: психологическая, физическая и техническая подготовка либеро в условиях ДЮСШ, СДЮСШОР и волейбольно-спортивных клубов / А. А. Кривошеин. – Ярославль: [Б.и.], 2004. – 75 с.
11. Гончарова А. В. Повышение надежности защитных действий волейболисток с учетом решения спортивных двигательных задач / А. В. Гончарова // Теория и практика физической культуры. – 2007. – №12. – С.45–48.
12. Грабовская Е. Ю. Влияние систематических занятий легкой атлетикой и черлидингом на морфо-функциональный статус спортсменов разных специализаций / Е. Ю. Грабовская, Я. С. Четверухина-Малова // V Международный научный конгресс "Проблемы физкультурного образования: концептуальные основы и научные инновации" – г. Симферополь, 28–30 мая 2018 г. – 2018. – С.167–171.
13. Duncan M. J. Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. / M. J. Duncan, L. Woodfield, Y. Al-Nakeeb // Br J Sports Med. – 2006. – No. 40(7). – P. 640–651.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MORPHO-FUNCTIONAL INDICATORS OF VOLLEYBALL PLAYERS IN DIFFERENT PLAYING ROLE

Grabovskaya E. Yu., Sergeeva S. I.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia
E-mail: grabovskaya13@mail.ru*

It is known that currently volleyball is characterized by a significant increase in the specialization of game actions. One of the most important patterns of game activity in volleyball is the division of players by function. This pattern, first of all, is formed due to the peculiarities of the manifestation of the individual abilities of the players, which significantly affect the skill level of the athlete and determine his playing function. Therefore, when determining the narrow specialization of a volleyball player, two factors must be taken into account: on the one hand, it is a certain limitation of the playing capabilities of each player, on the other – the need to use the prevailing abilities of each player in the interests of the whole team. In recent decades, during numerous competitions of various levels, significant experience has been accumulated, on the basis of which some

rules of volleyball have been significantly changed. So, a libero player appeared on the field, not taking part in the game actions at the net, but by demonstrating high speed, coordination, acrobatic training, increasing the entertainment of the game, and, at the same time, increasing the time of the game episode drawing. According to many researchers, the libero player is able to predict the development of the opponent's attack and the direction of the attacking strike, and, first of all, is responsible for the defensive actions of the team, followed by the transfer and attack. It is believed that liberos are characterized by high reaction speed, the ability to get the ball in the most difficult situations, including falling with both hands, to take powerful attacking blows.

As it is known, sportsmanship, and, consequently, sports performance significantly depend on numerous factors of the athletes' training system. Individual morpho-functional characteristics of athletes can be attributed to one of such factors that provide the basis for improving sports skills in volleyball. When selecting volleyball players, it is necessary to take into account the length and function of each body segment, changing with age. It has been established that volleyball players of the same age, with the same body length and functional parameters, but different morphological ratios, cope with motor tasks in different ways. In this regard, the study of morpho-functional characteristics of volleyball players of different playing roles, including libero players, is still relevant.

To study the morpho-functional features of female volleyball players of various playing roles, 24 girls aged 21–33 years were sent to identify sports skills, a characteristic qualification from the first adult category to the master of sports. Athletes belong to the version of the game role: libero, setters, forwards (central blocker, diagonal forward, finisher). Were examined volleyball team playing the following roles: Libero, a binder, forwards (central blocking, diagonal hitter, outside hitter). During the study, anthropometric and functional parameters were determined: body length, body mass, shoulder circumference, forearm perimeter, arm length, chest circumference, systolic and diastolic blood pressure, and resting heart rate. The following indices were calculated: the Kerdo vegetative index (VIC, units), the body mass index (bodymassindex-BMI), the Pinier index, the Erisman index; the Levy index; the waist-to-height ratio; the Brock index. Mathematical and statistical processing of the obtained material was carried out.

It was revealed that the morpho-functional indicators of female volleyball players of different sports roles differ. The most significant differences were found in growth indicators, as well as in a number of indices: body mass index, Pinier index, Erisman index, Brock index, systolic blood pressure, heart rate, and Kerdo vegetative index.

The conducted studies indicate the heterogeneity of some morpho-functional indicators in volleyball players of different playing roles. The most significant differences between libero volleyball players and central blockers were revealed in terms of age, height, arm length, Erisman, Brock, OT/P indices, and the level of vegetative regulation ($p \leq 0,05$ – $p \leq 0,001$). The results of the study characterize the morpho-functional status of female volleyball players who play sports for a long time, and can be used for medical and biological control, dosing and planning of training loads.

Keywords: volleyball, playing role, anthropometric indicators, indices of proportionality of development.

References

1. Zheleznyak Yu. D., Shipulin G. Ya., Serdyukov O. E. Trends in the development of classic volleyball at the present stage, *Theory and practice of physical culture*, **4**, 30 (2004).
2. Kolpakova T. V., Kazakova G. N., Sindeeva L. V. et al. *Morphological and functional status of female volleyball players of the major league*, Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7298> (accessed 28.02.2022)
3. Oleinik E. A. Anatomical and anthropological characteristics of female athletes in team sports, *Scientific notes of the P. F. Lesgaft*, **6 (100)**, 94 (2013).
4. Spirin M. P., Shipulin G. Ya., Serdyukov O. E. et al. Competitive activity of volleyball players at the present stage of development. *Theory and practice of physical culture*, **9**, 34 (2007).
5. Gualdi-Russo E., Zaccagni L. Somatotype, role and performance in elite volleyball players, *J Sports Med. Phys. Fitness*, **41, 2**, 256 (2001).
6. Osadchiy O. V., Vashchenko I. M. Morphological features as selection criteria in volleyball, *Bulletin of Chernihiv state pedagogical University, series: Pedagogical Sciences. Physical education and sport*, **2**, 122 (2008).
7. Spirin M. P. Analysis of the competitive activity of the liberos of the strongest volleyball teams in Russia, *Actual problems of the implementation of the TRP complex and the development of mass sports: materials of the All-Russian. scientific-practical conf.*, 1-3 November, 229 (2016).
8. Susova O. N. The role of the libero in modern volleyball. Education and upbringing, *International scientific journal*, **1 (06)**, 107 (2016).
9. Isaykina M. S., Eroshenko I. A., Gladkikh A. S. Individual integral training "libero" a specialized defender in volleyball, *Bulletin of the Volgograd State Technical University: interuniversity. Sat. scientific. Art. Ser. New educational systems and learning technologies at the university*, **13 (116), 10**, 63 (2013).
10. Krivoshein A. A. *Volleyball: psychological, physical and technical training of the libero in the conditions of a sports school and volleyball sports clubs*, 75 p. (Yaroslavl, 2004).
11. Goncharova A. V. Increasing the reliability of the protective actions of female volleyball players taking into account the solution of sports motor problems, *Theory and practice of physical culture*, **12**, 45 (2007).
12. Grabovskaya E. Yu, Chetverukhina-Malova Ya. S. The influence of systematic athletics and cheerleading on the morpho-functional status of athletes of different specializations. *V International Scientific Congress "Problems of physical education: conceptual foundations and scientific innovations"*, 167 (2018).
13. Duncan M. J., Woodfield L., Al-Nakeeb Y. Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players, *Br. J Sports Med.*, **40(7)**, 640 (2006).

УДК 614.1

ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ (С 2007 ПО 2020 ГГ.)

Евсеева А. А., Горячева Т. В.

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

Целью изучения заболеваемости является характеристика состояния здоровья населения, разработка мер профилактики и оценка эффективности проведения мероприятий, выявление факторов экологической патологии человека. Для изучения данной темы были использованы данные о заболеваемости населения из сборника РОССТАТа «Калужская область в цифрах» за период с 2007 г по 2020 г. В результате исследования можно отметить тенденцию к увеличению показателей определенных групп социально-значимых болезней таких как: органов дыхания, пищеварения, острых инфекций верхних дыхательных путей, коклюша, ВИЧ-инфекции, а также травм и отравлений. Линия тренда без восходящего или нисходящего направления отмечена на графиках с заболеваниями: кожи, мочеполовой системы, острых кишечных инфекций, ветряной оспы. По результатам исследования можно предположить существование связи показателей как инфекционных, так и неинфекционных заболеваний в 2020 г. с процессами, происходящими в здравоохранении и обществе в связи с пандемией COVID-19.

Ключевые слова: здоровье населения, заболеваемость, социально-опасные заболевания, здравоохранение, медицинская статистика.

ВВЕДЕНИЕ

Заболеваемость представляет собой уровень и частоту распространения болезней среди населения [1]. Целью изучения заболеваемости является характеристика состояния здоровья населения, разработка мер профилактики и оценка эффективности проведения мероприятий, выявление факторов экологической патологии человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения данной темы были использованы данные о заболеваемости населения из сборника РОССТАТа «Калужская область в цифрах» за период с 2007 г по 2020 г [2]. Статистическая обработка материала проводилась при помощи электронных таблиц MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распространение болезней органов дыхания в Калужской области с 2010 по 2020 представлено на рисунке 1. Начиная с 2010 года можно проследить незначительный спад заболеваемости вплоть до 2014 года, в который был зафиксирован самый минимальный показатель заболеваемости. Основываясь на

данных, опубликованных на официальном портале органов Калужской власти, а также в Докладе о состоянии окружающей среды Калужской области за 2014–2015 [3] года мы можем предположить связь заболеваний органов дыхания с количеством взвешенных частиц в воздухе. По данным Роспотребнадзора в начале 2016 года усилилась активность гриппа, вызванного вирусом типа А(Н1N1)2009, поэтому мы предполагаем, что это повлияло на увеличение показателей заболеваемости в этом году [4]. Также подъем заболеваемости был отмечен в 2020 г., вероятнее всего на это оказало влияние распространение коронавирусной инфекции 2019-nCoV.

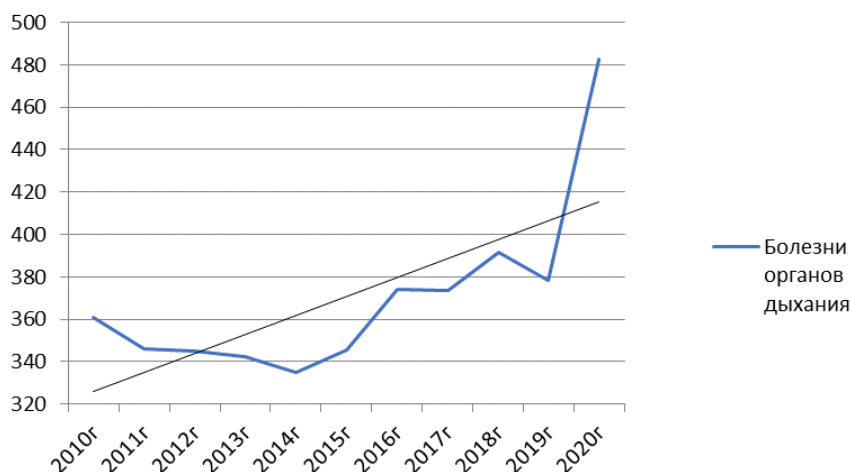


Рис. 1. Динамика распространения заболеваемости органов дыхания в Калужской области в 2010–2020 гг.

На рисунке 2 представлена динамика распространения болезни кожи в Калужской области в 2010–2020 гг. Начиная с 2010 года были незначительные спады и увеличения данной болезни до 2012 года, далее вплоть до 2015 года мы можем заметить спад заболеваемости. Увеличение распространенности разных форм заболеваний кожи связывают с использованием новых химических веществ в быту и на производстве, ухудшением экологической обстановки, повсеместной урбанизацией, изменением иммунологической резистентности популяции, неблагоприятные факторы психологического характера, стрессовые ситуации, вследствие этого в последние пять лет мы наблюдаем увеличение заболеваемости. Также кожные заболевания связаны с состоянием окружающей среды.

Динамика распространения болезней органов пищеварения в Калужской области в 2010–2020 гг. представлена на рисунке 3. Мы можем увидеть незначительные спады и подъемы заболеваемости до 2015 года, а далее отмечается плавный прогрессивный характер распространения до 2020 года.

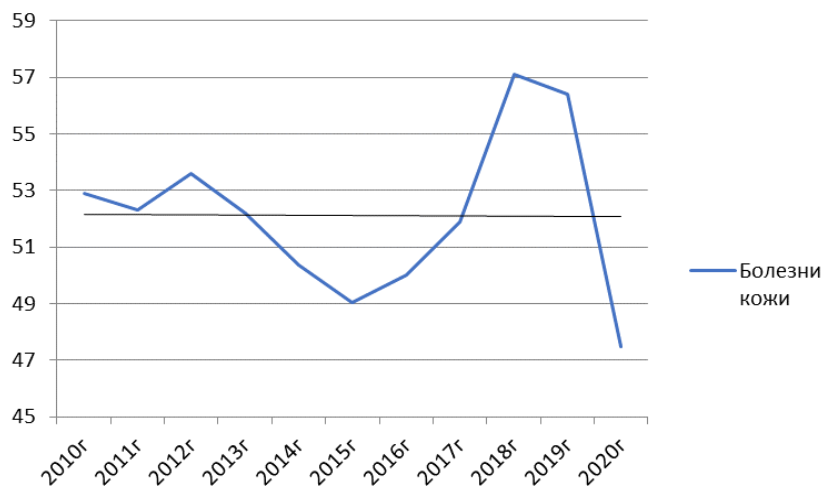


Рис. 2. Динамика распространения болезней кожи в Калужской области в 2010–2020 гг.

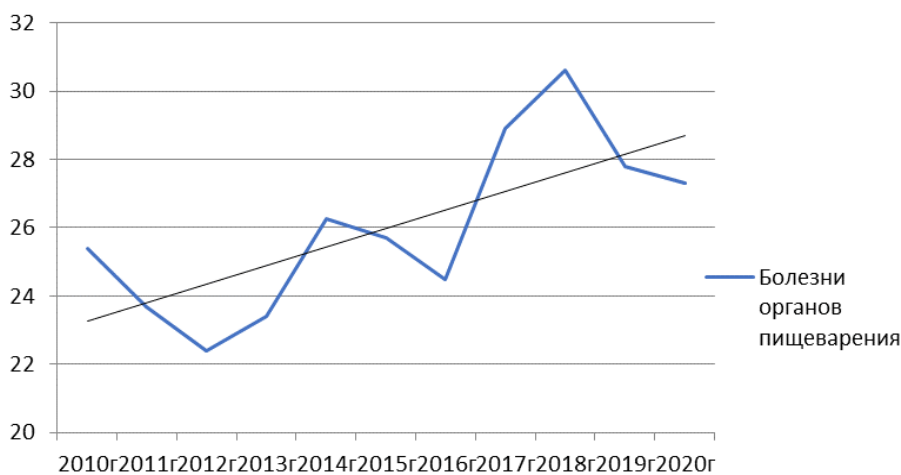


Рис. 3. Динамика распространения болезней органов пищеварения в 2010–2020 гг.

На рисунке 4 представлена динамика распространения болезней мочеполовой системы в Калужской области в 2010–2020 гг. Патология репродуктивной системы, обусловленная воздействием комплекса неблагоприятных факторов социально-экономического, образа жизни и вредных привычек, представляет одну из актуальнейших проблем современной репродуктивной биологии человека, минимальный показатель заболеваемости был отмечен в 2013 году, максимальный – в 2018 г.

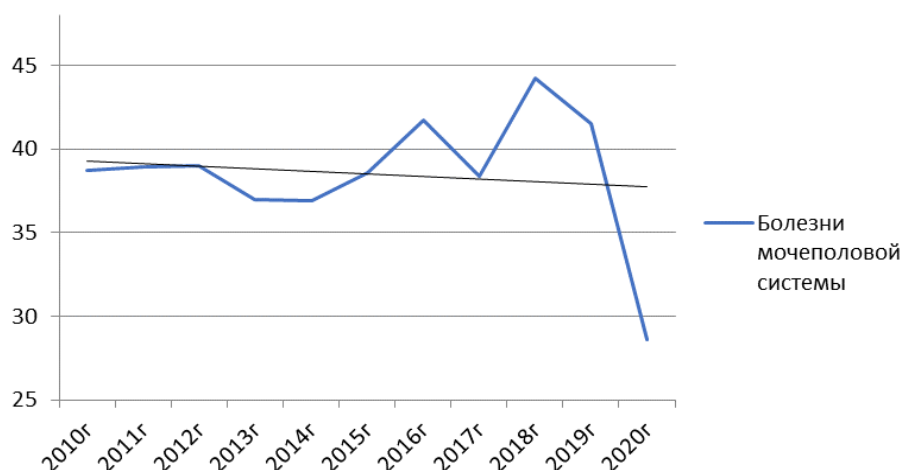


Рис. 4. Динамика распространения болезней мочеполовой системы в Калужской области в 2010–2020 гг.

Возможно, динамика снижения случаев внутренних болезней в 2020 г. связана и с меньшим обращением населения в учреждения здравоохранения в период пандемии в период самоизоляции и со снижением объема оказания плановой медицинской помощи населению из-за нагрузки на систему здравоохранения.

Динамику распространения травм и отравлений в Калужской области в 2010–2020 гг. можно рассмотреть на рисунке 5. Анализ статистических данных показывает, что ситуация остается относительно стабильной, так как резких подъемов или спадов показателей не наблюдается. Однако в 2019 году отмечается подъем распространения несчастных случаев. Поскольку мы не можем выявить социальных и естественно-биологических причин данного подъёма, то предположительно, эта картина является следствием переучета данных за предыдущий отчетный период 2018 года, когда этот показатель один из самых низких за период наблюдений.

Оценка динамики острых кишечных инфекций в Калужской области в 2007–2020 гг. представлена на рисунке 6. Мы предполагаем, что максимальный пик показателей в 2010 году связан с аномальной жарой, установившейся в Калужской области в летний период, так как она создает благоприятные условия для развития кишечных инфекций [5, 6]. Это большая группа инфекционных заболеваний с фекально-оральным механизмом передачи, которые поражают желудочно-кишечный тракт. Кишечные инфекции – абсолютные лидеры среди летних заболеваний. Ситуацию усугубляет то, что изматывающая жара вынуждает население спасаться от нее в водоемах, в том числе в запрещенных местах, тогда как возбудители кишечных инфекций размножаются в воде при повышенной температуре особенно интенсивно.

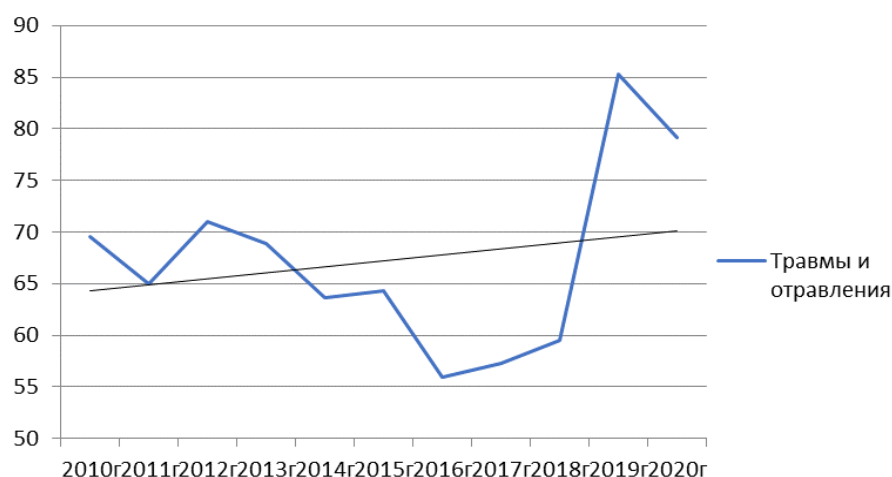


Рис. 5. Динамика распространения травм и отравлений в Калужской области в 2010–2020 гг.

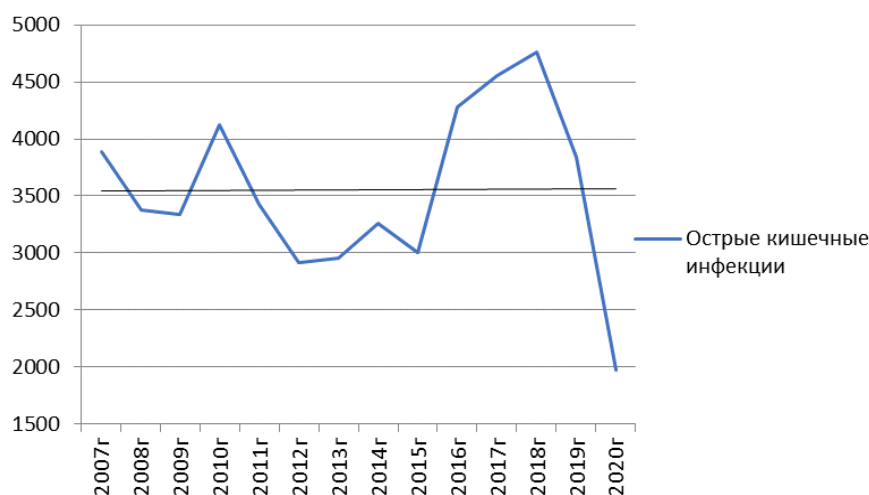


Рис. 6. Динамика распространения острых кишечных инфекций в Калужской области в 2007–2020 гг.

Поскольку рост заболеваемости острых кишечных инфекций вирусной этиологии в последние годы не может быть связан с активизацией пищевого и водного путей передачи в силу улучшения качества пищевых продуктов и питьевой воды по микробиологическим показателям, остается предположить, что эта тенденция обусловлена оптимизацией лабораторной диагностики.

В 2020 году мы наблюдаем резкий спад показателей заболеваемости населения острыми кишечными инфекциями. Можно предположить, что на это повлияла профилактическая дезинфекция, которая была особенно распространена в связи с заболеванием COVID-19 с целью предупреждения проникновения и распространения возбудителя заболевания в коллективы людей на объектах, территориях и т. д.

Динамика распространения острых инфекций верхних дыхательных путей в Калужской области в 2007–2020 гг. представлена на рисунке 7. В целом обстановка характеризовалась незначительным периодическим увеличением числа зарегистрированных случаев заболевания. В 2020 году отмечен резкий подъем показателей, связанный, вероятнее всего с ростом заболевших COVID-19.

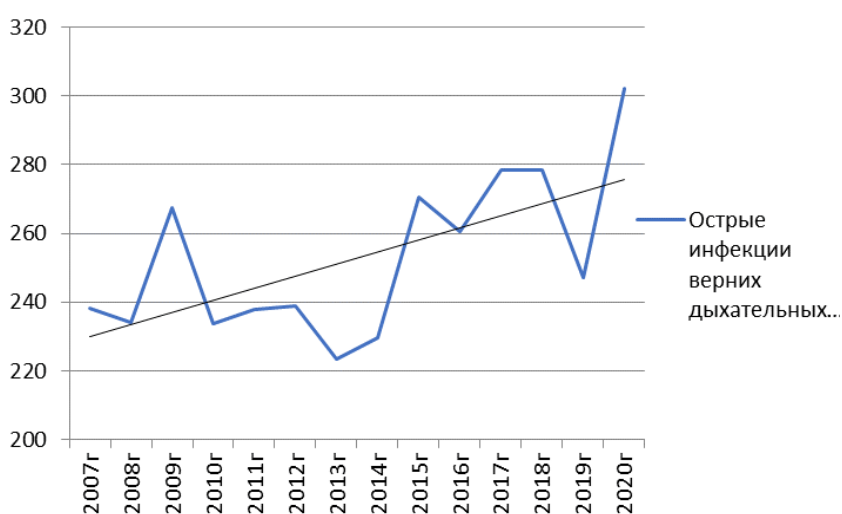


Рис. 7. Динамика распространения острых инфекций верхних дыхательных путей в Калужской области в 2007–2020 гг.

На рисунке 8 представлена динамика распространения сальмонеллезных инфекций в Калужской области в 2007–2020 гг. Мы можем отметить прогрессивный характер к снижению уровня распространения заболеваемости вплоть до 2020 года. Можно предположить, что снижение заболеваемости данной инфекции связано с увеличением потребления антибиотиков среди населения [7]. Использование антибиотиков без предварительного определения антибиотикочувствительности возбудителей инфекционных заболеваний способствует распространению полирезистентных штаммов. Нерациональное применение антибиотиков приводит к возникновению стертой формы инфекции, т. е. бактерионосительству.

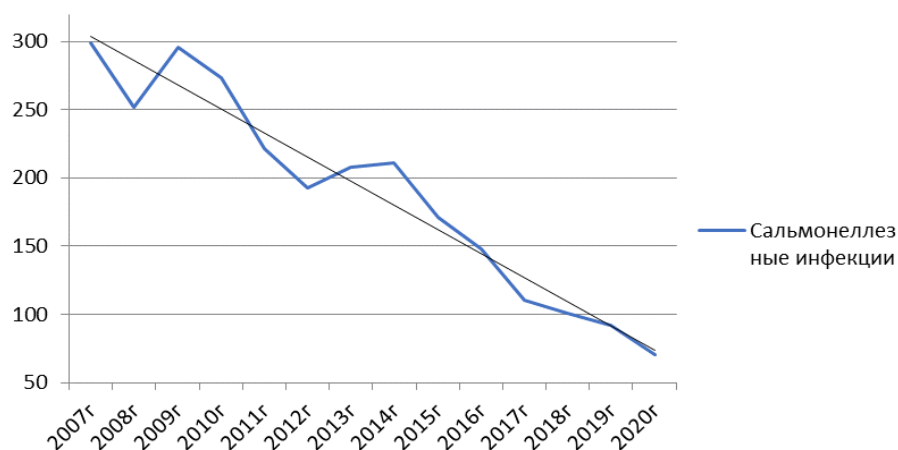


Рис. 8. Динамика распространения сальмонеллезных инфекций в Калужской области в 2007–2020 гг.

Динамика распространения гриппа в Калужской области в 2007–2020 гг. представлена на рисунке 9. Вплоть до 2012 года отмечаются резкие подъемы и спады заболеваемости, начиная с 2013 года динамика приобретает более плавный характер распространения, что, вероятно всего, связано с увеличением числа вакцинирующихся от гриппа [8].

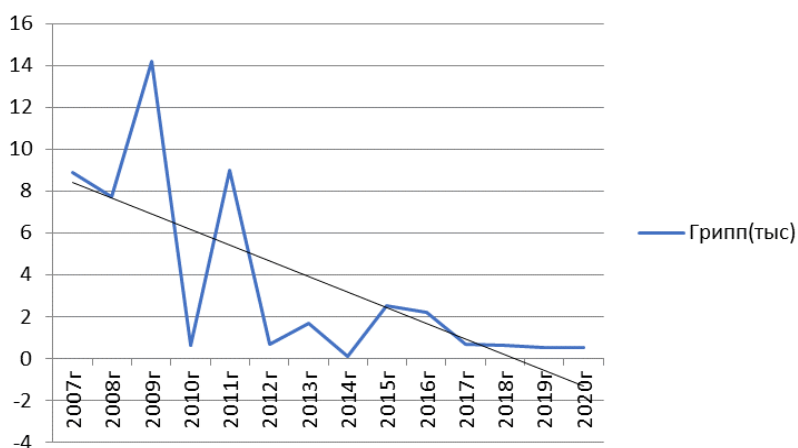


Рис. 9. Динамика распространения гриппа в Калужской области в 2007-2020 гг.

На рисунке 10 представлена динамика распространения заболеваемости скарлатиной в Калужской области в 2007–2020 гг. Можно отметить резкие спады и подъемы заболеваемости, самый минимальный показатель был зафиксирован в 2012 и 2015 годах, максимальный в 2009 году. Резкие спады и подъёмы объяснимы статистическими ошибками общего небольшого числа зафиксированных случаев.

ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЛУЖСКОЙ ...

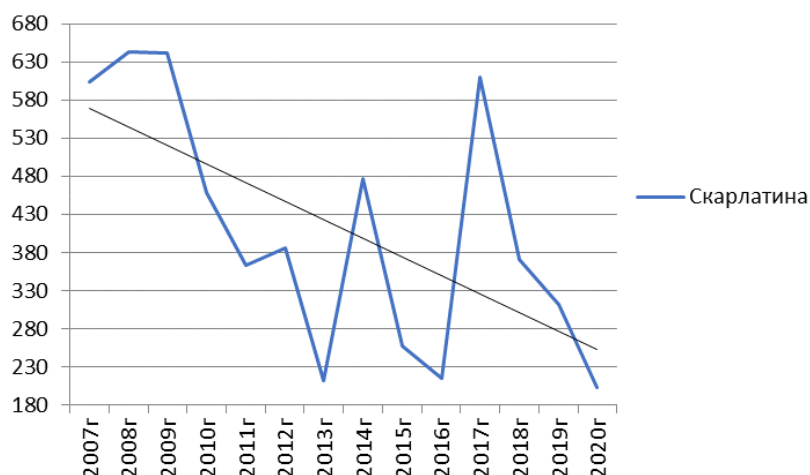


Рис. 10. Динамика распространения заболеваемости скарлатиной в Калужской области в 2007–2020 гг.

Статистические наблюдения динамики распространения заболеваемости острыми гепатитами в Калужской области в 2007–2020 гг., представленных на рисунке 11, показывают четкую тенденцию к снижению роста случаев заболеваемости, благодаря увеличению темпов вакцинации населения. В России массовая вакцинация населения от гепатита В началась в 2006 г. и поэтапно наращивала темпы, поэтому можно видеть результат управления динамикой данного заболевания при помощи вакцинопрофилактики [9].

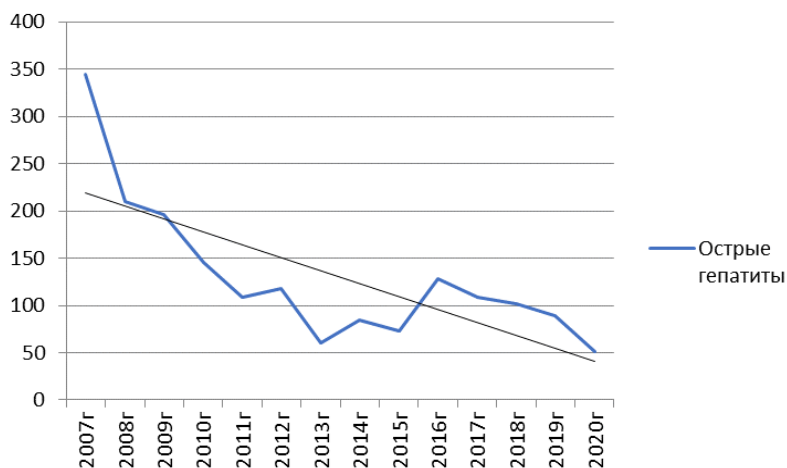


Рис. 11 Динамика распространения заболеваемости острыми гепатитами в Калужской области в 2007–2020 гг.

Динамика распространения коклюша в Калужской области в 2007–2020 гг. представлена на рисунке 12. На данный момент прививка от коклюша защищает только от *B.pertussis* (возбудитель коклюша) и не защищает от *B.parapertussis* (или других представителей *Bordetella*), которая в 14–16% случаев вызывает похожие симптомы и является причиной длительного кашля. Стоит отметить, что перенесённый коклюш также не дает длительного иммунитета и стойкой защиты от повторного инфицирования *B.pertussis*. Пока различные причины роста заболеваемости коклюшем все ещё изучаются, многие эксперты рекомендуют прививаться от этой инфекции, причём не только детям, но и взрослым. В многолетней динамике заболеваемости коклюшем наблюдаются выраженные циклические колебания с периодом 3–4 года. Это объясняется изменением вирулентности циркулирующих возбудителей, усиление которой неизбежно при возрастании частоты пассажей среди людей с повышенной восприимчивостью [10]. Таким образом, несмотря на успешно проводимую вакцинопрофилактику, среди возрастных групп «дети до года» и «школьники» регистрируется наиболее высокий уровень заболеваемости и увеличивается их доля среди всех зарегистрированных случаев коклюша. Кроме того, для этих групп характерны выраженные циклические подъемы. Интересен спад заболевания в 2020 г., возможно он связан с периодом самоизоляции и разобщения детских коллективов из-за «коронавирусных ограничений», а также активно применяемых населением мер по дезинфекции.

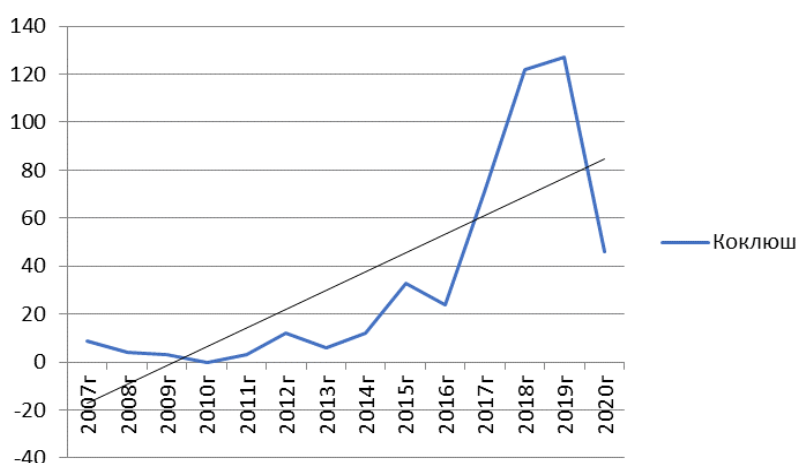


Рис. 12. Динамика распространения коклюша в Калужской области в 2007–2020 гг.

На рисунке 13 представлена динамика распространения ветряной оспы в Калужской области в 2007–2020 гг.

В целом незначительные спады и подъемы заболевания прослеживаются вплоть до 2015 г. Далее отмечается резкий спад заболевания в 2016 году, а максимальное значение случаев заболеваемости зафиксировано в 2019 г. Чаще всего болезнь быстро распространяется среди детей дошкольного возраста, поэтому мы можем

предположить, что резкий спад показателей в 2020 г. также, как и по коклюшу обусловлен необходимыми мерами самоизоляции в связи с распространением COVID-19 и разобщением детских коллективов.

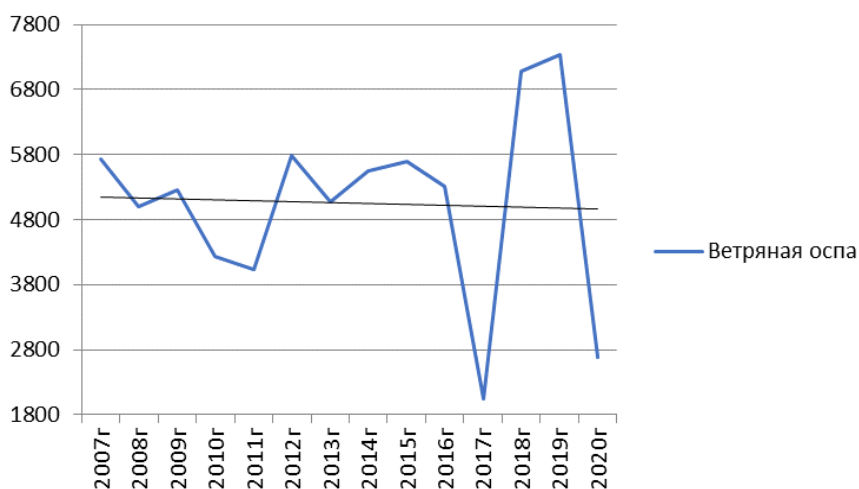


Рис. 13. Динамика распространения ветряной оспы в Калужской области в 2007–2020 гг.

На рисунке 14 представлена динамика распространения сифилиса в Калужской области в 2007–2020 гг. С 2007 по 2012 года отмечается тенденция к снижению случаев заболеваемости, таким образом самый минимальный показатель был зафиксирован в 2012 г., далее вплоть до 2016 года был значительный численный подъем по количеству заболевших, а до 2020 года небольшой спад показателей.

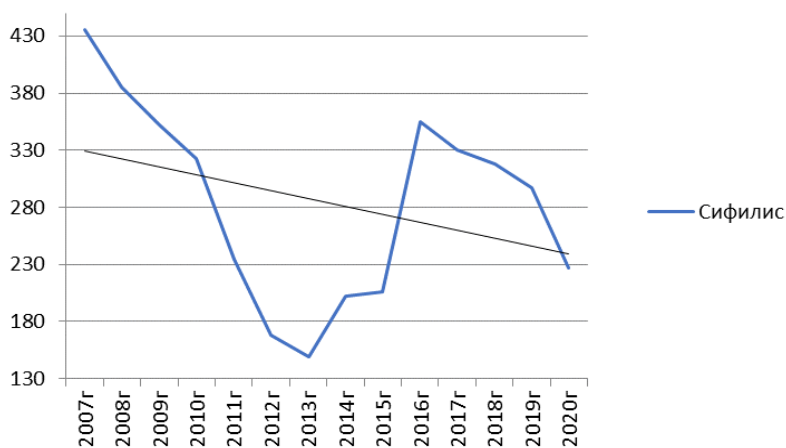


Рис. 14. Динамика распространения сифилиса в Калужской области в 2007–2020 гг.

На рисунке 15 представлена динамика распространения туберкулеза в Калужской области в 2009–2020 гг. По линии тренда мы можем наблюдать плавное снижение показателей по данному заболеванию. Вероятнее всего, такой эффект обусловлен внедрением Концепции федеральной целевой программы «Предупреждение и борьба с социально значимыми заболеваниями (2007–2011 годы)» включая подпрограмму «Туберкулёз» [11] и вакцинацией населения (охват вакцинацией новорожденных детей достигает 96,2 %) [2].

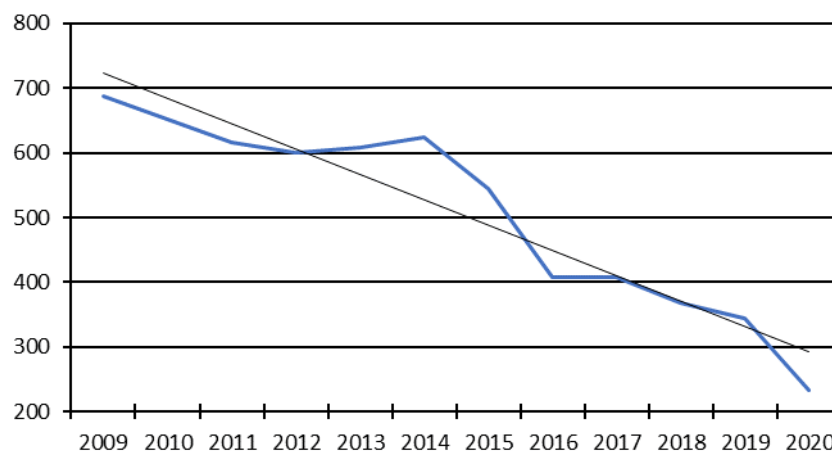


Рис. 15. Динамика распространения туберкулеза в Калужской области 2009–2020 гг.

ВИЧ-инфекция на территории региона сконцентрирована среди лиц, имеющих риски заражения ВИЧ, однако последние годы заболевание все больше распространяется в общей популяции населения, происходит быстрое вовлечение экономически и демографически активных слоев общества (каждый второй из вновь выявленных лиц с ВИЧ-инфекцией – социально адаптирован) [12]. Динамика распространения ВИЧ-инфекции в Калужской области в 2007–2020 гг. представлена на рисунке 16.

По линиям тренда мы можем отметить практически прямую тенденцию к увеличению показателей определенных групп социально-значимых болезней таких как: органов дыхания, пищеварения, острых инфекций верхних дыхательных путей, коклюша, ВИЧ-инфекции, а также травм и отравлений. Линия тренда без восходящего или нисходящего направления отмечена на графиках с заболеваниями: кожи, мочеполовой системы, острых кишечных инфекций, ветряной оспы. Отрицательная тенденция заболеваний зафиксирована на графиках с динамикой распространения сальмонеллезных инфекций, гриппа, скарлатины, острых гепатитов и сифилисом.

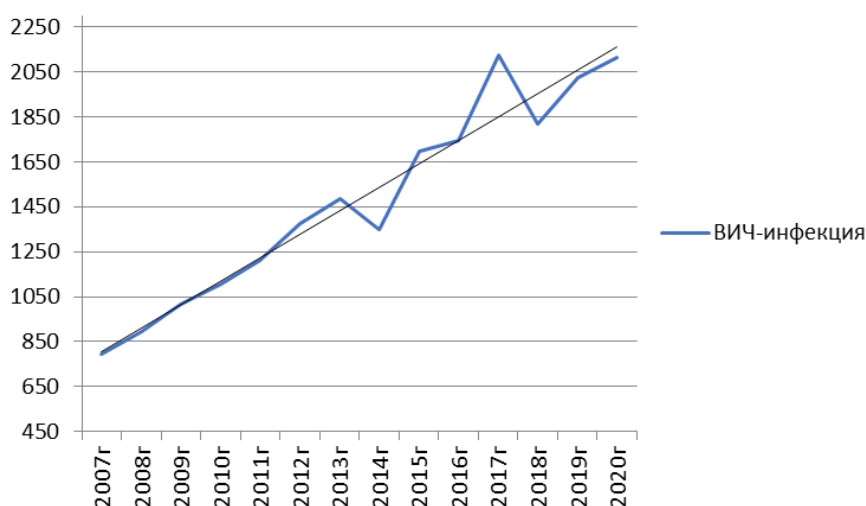


Рис. 16. Динамика распространения ВИЧ-инфекции в Калужской области в 2007–2020 гг.

Проведенная оценка состояния здоровья населения Калужской области свидетельствует о том, что для улучшения состояния здоровья населения области необходима целенаправленная разработка научно-обоснованных рекомендаций и проведение мероприятий по более эффективной профилактике и своевременной современной диагностике по всем классам болезней [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, рост инфекционных заболеваний, поддающихся вакцинопрофилактике, таких как грипп, гепатит, туберкулез, сдерживается и имеет более благоприятный прогноз уровня распространения среди населения Калужской области. Сходную динамику распространения имеют инфекции, поддающиеся лечению современными средствами при отсутствии вакцин (сифилис, сальмонеллёз).

Однако, по многим заболеваниям показатели 2020 г. существенно отклоняются от трендов. Можно предположить связь этих показателей в 2020 г. с процессами, происходящими в здравоохранении и обществе в связи с пандемией COVID-19. Например, все исследованные инфекции, кроме ВИЧ и инфекций верхних дыхательных путей, имеют снижение показателей, что возможно стало результатом самоизоляции, разобщения детских коллективов, усиленных мер дезинфекции на рабочих местах и в быту. Показатели инфекций верхних дыхательных путей могли повыситься из-за включения неучтенных случаев COVID-19, протекающих как ОРВИ, а не снижающиеся темпы распространения ВИЧ-инфекции в данных условиях еще раз подчеркивают особую угрозу данной инфекции для социума. Показатели неинфекционных болезней снизились возможно из-за специфики

работы системы здравоохранения в условиях повышенной нагрузки, а также вследствие меньшего обращения гражданами в условиях самоизоляции. Единственный возросший из данных показателей – это уровень распространения болезней органов дыхания, что можно рассматривать как последствие перенесенного COVID-19 среди населения. Исходя из этого, можно сделать вывод, что существенное влияние на распространения социально-значимых заболеваний оказала пандемия в связи с распространением коронавирусной инфекции 2019-nCoV. Но более точно оценить ее влияние можно будет, проанализировав данные по заболеваниям за 2021, после выхода статистического сборника Росстата по Калужской области за данный период.

Список литературы

1. Фирсова С. П. Статистика заболеваемости и инвалидности населения: учебно-методическое пособие [Текст] / С. П. Фирсова, И. М. Комова. – 2000. – С. 4–5.
2. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калужской области [Электронный ресурс] // URL: <https://kalugastat.gks.ru/> (дата обращения: 26.04.2021).
3. Доклад о состоянии окружающей среды Калужской области // [Электронный ресурс] URL: <https://pre.admoblkaluga.ru/sub/ecology/OOC/?> (дата обращения: 21.04.2022).
4. Санитарно-эпидемиологическая обстановка в Калужской области // [Электронный ресурс] URL: http://40.rospotrebnadzor.ru/epidemiologic_situation/ (дата обращения: 21.04.2022)
5. Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года. Сборник докладов / под ред. д-ра физ.-мат. наук, проф. Н. П. Шапкиной / ГУ «Гидрометцентр России» – М.: Триада, лтд, 2011. – 72 с.
6. Острые кишечные инфекции и их профилактика в условиях аномальной жары // [Электронный ресурс] URL: http://63.rospotrebnadzor.ru/272/-/asset_publisher/0Dsn/content/острые-кишечные-инфекции-и-их-профилактика-в-условиях-аномальной-жары (дата обращения: 21.04.2022).
7. Коцарь Е. В. Современная эффективность антибиотикотерапии при сальмонеллезном бактерионосительстве / Коцарь Е. В. и др. // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-effektivnost-antibiotikoterapii-pri-salmonelleznom-bakterionositelstve/viewer> (дата обращения: 21.04.2022).
8. Суранова Т. Г. Эпидемиологическая обстановка на территории ЦФО. Пути решения проблем / Материалы Межрегиональной научно-практической конференции Вакциноуправляемые инфекции: проблемы и их решения, 5–6 июня 2019, г. Ярославль / Суранова Т. Г. // [Электронный ресурс] URL: <http://nasci.ru/?id=8308&download=1> (дата обращения: 21.04.2022).
9. Хантимирова Л. М. Ретроспективный анализ заболеваемости вирусным гепатитом В населения Российской Федерации с 2013 по 2017 г. в аспекте вакцинопрофилактики / Хантимирова Л. М., Козлова Т. Ю., Постнова Е. Л., Шевцов В. А., Рукавишников А. В. // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. – 2018. – Т. 18, №4. – С. 225–235.
10. Северина Е. А. Современные тенденции заболеваемости коклюшем, лечение и профилактика / Северина Е. А., Миндлина А. Я. // [Электронный ресурс] URL: <https://www.lvrach.ru/2012/10/15435552> (дата обращения: 22.04.2022).
11. Эпидемиологическая ситуация по туберкулезу [Электронный ресурс] URL: <http://02.rospotrebnadzor.ru/content/167/19096/> (дата обращения: 22.04.2022).
12. Соколова Е. В. Ситуация по ВИЧ-инфекции в Российской Федерации / Соколова Е. В., Покровский В. В., Ладная Н. Н. // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/situatsiya-po-vich-infektsii-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 22.04.2022).
13. Григорьев Ю. И. Первичная заболеваемость как показатель, характеризующий уровень здоровья населения Калужской области / Григорьев Ю. И., Ершова А. В. // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pervichnaya-zabolevaemost-kak-pokazatel-harakterizuyuschiy-uroven-zdorovya-naseleniya-kaluzhskoy-oblasti/pdf> (дата обращения: 21.04.2022).

**DYNAMICS OF MORBIDITY OF THE POPULATION OF THE KALUGA
REGION (FROM 2007 TO 2020)**

Evseeva A. A., Goryacheva T. V.

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

Morbidity is the level and frequency of the spread of diseases among the population. The purpose of studying morbidity is to characterize the health status of the population, planning the activities of medical services, developing preventive measures and evaluating the effectiveness of measures, identifying factors of human environmental pathology. To study this topic, data on the morbidity of the population from the collection of ROSSTAT "Kaluga region in numbers" for the period from 2007 to 2020 were used

Along the trend lines, we can note an almost direct trend towards an increase in the indicators of certain groups of socially significant diseases such as: respiratory organs, digestion, acute upper respiratory tract infections, whooping cough, HIV infection, as well as injuries and poisoning. The trend line without ascending or descending direction is marked on charts with diseases: skin, genitourinary system, acute intestinal infections, chicken pox. The negative trend of diseases is recorded on graphs with the dynamics of the spread of salmonella infections, influenza, scarlet fever, acute hepatitis and syphilis.

conclusions

In general, the growth of infectious diseases that can be vaccinated, such as influenza, hepatitis, is restrained and has a more favorable prognosis of the level of spread among the population of the Kaluga region. Infections that can be treated with modern means in the absence of vaccines (syphilis, salmonellosis) have a similar spread dynamics. However, for many diseases, the indicators of 2020 deviate significantly from trends. It can be assumed that these indicators in 2020 are related to the processes taking place in healthcare and society in connection with the COVID-19 pandemic. For example, all the studied infections, except HIV and upper respiratory tract infections, have a decrease in indicators, which may have been the result of self-isolation, separation of children's groups, enhanced disinfection measures in the workplace and at home. The indicators of upper respiratory tract infections could have increased due to the inclusion of unaccounted cases of COVID-19, occurring as ARVI, and not the declining rates of HIV infection in these conditions once again emphasize the particular threat of this infection to society. Indicators of non-communicable diseases have decreased, possibly due to the specifics of the work of the health care system in conditions of increased workload, as well as as a result of less treatment by citizens in conditions of self-isolation. The only increase in these indicators is the level of the spread of respiratory diseases, which can be considered as a consequence of COVID-19 among the population. Based on this, it can be concluded that the pandemic in connection with the spread of coronavirus infection 2019-nCoV had a significant impact on the spread of socially significant diseases. But it will be possible to more accurately assess its impact by analyzing the data on diseases for 2021, after the release of the statistical collection of Rosstat for the Kaluga region for this period. It should also be noted that the conducted assessment of the health status of the population

of the Kaluga region indicates that in order to improve the health status of the population of the region, it is necessary to purposefully develop scientifically-based recommendations and take measures for more effective prevention and timely modern diagnostics for all classes of diseases.

Keywords: population health, morbidity, socially dangerous diseases, healthcare, medical statistics.

References

1. Firsova S. P. *Statistics of morbidity and disability of the population: an educational and methodological manual*, 4 (2000).
2. *Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Kaluga region* [Electronic resource] URL: <https://kalugastat.gks.ru/> (accessed: 04.26.2021).
3. *Report on the state of the environment of the Kaluga region* [Electronic resource] URL: <https://pre.admoblkaluga.ru/sub/ecology/OOC/>? (accessed: 04.21.2022).
4. *Sanitary and epidemiological situation in the Kaluga region* [Electronic resource] URL: http://40.rospotrebnadzor.ru/epidemiologic_situation/ (accessed: 04.21.2022).
5. *Analysis of abnormal weather conditions in Russia in the summer of 2010*. Collection of reports / edited by Dr. of Physical and mathematical sciences, prof. N. P. Shapkina State Institution "Hydrometeorological Center of Russia", 72 (Moscow: Triada, ltd. 2011).
6. *Acute intestinal infections and their prevention in conditions of abnormal heat*. [Electronic resource] URL: http://63.rospotrebnadzor.ru/272/-/asset_publisher/ODsn/content/острые-кишечные-инфекции-и-их-профилактика-в-условиях-аномальной-жары (date of address: 21.04.2022).
7. Kotsar E. V. et al. *Modern effectiveness of antibiotic therapy in salmonella bacteriocarriage*. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-effektivnost-antibiotikoterapii-pri-salmonelleznom-bakterionositelstve/viewer> (accessed: 04.21.2022).
8. Suranova T. G. *Epidemiological situation on the territory of the Central Federal District. Ways to solve problems*, Materials of the Interregional scientific and practical conference Vaccine-controlled infections: problems and their solutions, June 5-6 [Electronic resource] URL: <http://nasci.ru/?id=8308&download=1> (accessed: 04.21.2022). (Yaroslavl, 2019)
9. Khamitirova L. M., Kozlova T. Yu., Postnova E. L., Shevtsov V. A., Rukavishnikov A. V. Retrospective analysis of the incidence of viral hepatitis B in the population of the Russian Federation from 2013 to 2017 in the aspect of vaccine prophylaxis, *Biopreparations. Prevention, diagnosis, treatment*, **18, 4**, 225 (2018).
10. Severina E. A., Mindlina A. Ya. *Modern trends in the incidence of whooping cough, treatment and prevention*. [Electronic resource] URL: <https://www.lvrach.ru/2012/10/15435552> (date of address: 22.04.2022).
11. Epidemiological situation of tuberculosis [Electronic resource] URL: <http://02.rospotrebnadzor.ru/content/167/19096/> (accessed: 04/22/2022).
12. Sokolova E. V., Pokrovsky V. V., Ladnaya N. N. *The situation of HIV infection in the Russian Federation*. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/situatsiya-po-vich-infektsii-v-rossiyskoy-federatsii> (accessed: 04.22.2022).
13. Grigoriev Yu. I., Ershova A. V. *Primary morbidity as an indicator characterizing the level of health of the population of the Kaluga region*. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pervichnaya-zabolevaemost-kak-pokazatel-harakterizuyuschiy-uroven-zdorovya-naseleniya-kaluzhskoy-oblasti/pdf> (accessed: 04/21/2022).

UDK 612

**AGE-RELATED FEATURES OF THE NONSPECIFIC IMMUNOLOGICAL
RESISTANCE OF THE BODY OF YOUNG SWIMMERS WITH DIFFERENT
METABOLIC FATIGUE FACTORS**

Epishkin I. V.

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

The article is presented the results of the study the age-related features of nonspecific immunological resistance, which is formed in swimmers in response to metabolic fatigue factors during swimming physical load. The studies were carried out on swimmers aged 9–10, 11–13, 14–16 years old using hematological, biochemical, pulsometric and statistical methods. The results showed that with an equal total pulse value of swimming physical loads among swimmers 9–10, 11–13 and 14–16 years old, the differences in lactic acid production after training sessions and responses of a non-specific link of the blood immune system were determined. A similar intensity of swimming loads among 11–16 years old swimmers contributed to an increase in general immunological resistance and the formation of nonspecific adaptive reactions at the level of increased activation.

Keywords: young swimmers, immunological resistance, the age-related features, blood immune systems, swimming physical load, lactic acid.

INTRODUCTION

Increasing the level of adaptation and general body resistance to environmental stress factors has the paramount importance today due to the persisting conditions of a high degree of spread of viral infections [1, 2]. Under the circumstances, high health risks have people with prerequisites for a decrease in the overall body resistance – people of critical age periods, as well as people whose living conditions are associated with a pronounced impact of additional external factors on the body [3, 4]. Also, according to some authors, the incidence of viral infections in children, adolescents and young adults is increasing, which on the one hand does not reduce the relevance of the problem of increasing the resistance of the body of children, and on the other hand requires the identification of effective preventive measures [1, 2].

It is known that physical education and sports help to strengthen the immune system and in particular its non-specific link. However, physical activity, with its inadequate dosage capabilities of the child's body, can have the opposite effect, therefore create prerequisites for fatigue, against which the functions of the main systems, including the immune system, will decrease. Moreover, it is convincingly shown that the incidence of acute respiratory viral infections (ARVI) among athletes in childhood, adolescence and youthful age is practically the same with peers who do not go in for sports. Many experts associate this fact with the effect of fatigue, due to the use of excessive physical load on

the children's body, which is typical for different sports. Therefore, the largest number of publications on the morbidity of child athletes is devoted to swimmers. It is shown that it is sports swimming that "leads" among many sports in the risk of developing SARS and bronchial asthma, which is associated with the specific features of the training environment in the water. At the same time, a high degree of health risk is associated to a greater extent with the temperature factor of water, and also does not reduce the role of the negative impact of the chemical factor (the chemical composition of water) on the body. Also, a large number of scientific works are devoted to the health-improving effect of sports swimming, which is expressed first of all in the effect of hardening the body and increasing its general resistance. However, the main contradiction between the established positive and negative effects of swimming on the children's body still hidden in the dosage of physical load, which is often tedious for young swimmers and therefore require objective control at the stages of sports improvement [5]. It is known that the main adaptation mechanism is the process of maintaining the stability of homeostasis, in the implementation and regulation of which, a significant role is assigned to the immune system of the blood, and in particular, its non-specific component [6, 7]. Also, during adapting to physical load, maintaining a certain level of homeostasis occurs against the background of increasing metabolic factors of fatigue and energy needs, which in turn significantly disrupts the stability of homeostasis and requires an adequate compensatory and adaptive response from the immune system [6-9]. In this case, the process of adaptation of swimmers of different age groups to swimming physical load can be used to track the severity of compensatory and adaptive reactions and the characteristics of the response of the nonspecific component of the blood immune system to metabolic fatigue factors that arising in the aquatic environment, which is often recommended for children to promote health [9]. In turn, the information obtained during tracking can be used to control the general resistance of the body of children, adolescents and young men by dosing swimming loads that cause a certain degree of metabolic fatigue [6, 7].

Thereby, the aim of our work was to study the age-related features of non-specific adaptive reactions of the blood immune system in the body of swimmers in the conditions of adaptation to swimming physical load.

MATERIALS AND METHODS

The study involved 75 male swimmers at the age of 9 to 16 years who gave voluntary informed consent. The test swimmers were divided into three age groups (9–10, 11–13, 14-16 years). The external and internal characteristics of swimming physical activity in the preparatory period within two and a half months were assessed by: the volume of swimming (km); the total intensity of the training session, which was determined palpationally by the heart rate (HR) using the method of pedagogical pulsometry; duration (in minutes) of the training session. Hematological studies included the determination of the leukocyte formula and erythrocyte sedimentation rate (ESR) [8, 9]. Adaptive responses were assessed by the ratio of leukocytes in the leukogram (eosinophils, monocytes, lymphocytes, neutrophils of rod and segmentonuclear cells), which was determined by counting leukocytes in an automatic counter. The concentration of lactic acid in the peripheral blood was determined by the biochemical method by reaction with

paraoxydiphenyl using a biochemical analyzer. Blood samples from the finger were taken immediately after training sessions [8, 9]. All the studied indicators were studied weekly. For statistical processing of the data of the study results was used a standard statistical analysis in which, first of all, the normal distribution was checked, then the mean values, the mean errors and the significance of the differences were determined, which was calculated by the Student's t-test at $p < 0.05$. In turn, a correlation analysis to determine the relationship between the studied indicators was used with the help of which the Pearson correlation coefficient was calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

It is known that the ratio of different forms of leukocytes in the leukogram determines the level of general resistance of the body. The informative value of the assessing changes in the leukogram parameters is also determined by the presence of a significant correlation between the functional state of cells and the level of tissue metabolism, and also specific correlative interactions of blood cells with somatic cells, in particular, with myocytes and cardiomyocytes. Moreover, in the process of adaptation to physical loads of considerable intensity, which takes place in sports, a concomitant factor is psychoemotional stress. The effect of stress on the body is revealed in a change in the quantitative composition of the blood leukocyte formula, accompanied by a strain on the mechanisms of homeostatic regulation. In particular, this is expressed in distinct shifts in leukocyte. Some leukocytes are destroyed, the number of eosinophils is sharply reduced, and the number of granular leukocytes in the general blood flow increases. At the same time, adaptive shifts in leukocytes are evaluated in terms of stimulating nonspecific immunological resistance.

The conducted studies showed that the compensatory and adaptive responses of the non-specific component of the blood immune system to physical load among swimmers of different ages differed both in the degree of severity and in the effectiveness of the immune response. Moreover, the effectiveness of this response depended on the strength of the external influence. Thus, physical load among swimmers of the three age groups was carried out with a total intensity, at which the heart rate on average did not significantly differ in the weeks of the study period and was in the range from 165.7 ± 2.39 to 166.5 ± 3.17 beats/min ($p > 0.05$). In turn, the duration and volume of the swimming had significant reliable static differences. In swimmers 9–10 years old, the average duration of water training was 55.2 ± 5.15 minutes, and the swimming volume reached 1.5 km. In 11-13-year-old swimmers, these values were equal to 80.5 ± 9.43 min and 2.6 km ($p < 0.001$) and in 14-16-year-old swimmers were 120.7 ± 4.23 min and 5.2 km ($p < 0.001$). Wherein, among swimmers 9-10 years old, there were prerequisites for a decrease in overall resistance and the development of transient immune insufficiency, which was manifested by eosinophilia occurring against the background of a quiet activation reaction (Table 1) [5]. This was confirmed by the presence of frequent colds and allergic diseases. Moreover, in our opinion, one of the concomitant factors in the development of such a partial immune deficiency state was hypothermia, and the other-high intensity physical load, leading to the accumulation in the blood of a large amount of the intermediate metabolic product – lactic acid in the range of 8.4 ± 0.15 – 8.8 ± 0.12 mmol/l, ($p < 0.05$), as a result of which there were significant shifts in the acid-

base balance towards the acidic side. This served as a trigger for the activation of a number of enzymes, including proteases, which can destroy the structure of immunoglobulin molecules and reduce their level [5].

The confirmation of enhanced elimination of immunoglobulins from the blood serum was the increased ESR, which among swimmers 9–10 years old was 6.68 ± 0.99 mm/h, and among swimmers 11–16 years old did not exceed 3.83 ± 1.08 mm/h, ($p < 0.05$). For swimmers 11–16 years old, the formation of harmonious reactions of increased activation was characteristic, in which the concentration of lactic acid varied after training sessions in the range of $6.18 \pm 0.13 - 7.27 \pm 0.57$ mmol/l, ($p < 0.05$). That is, an increase in the concentration of lactic acid above 8 mmol/l after swimming training conducted with a heart rate intensity of more than 165 beats / min among swimmers 9-10 years old led to a decrease in the overall resistance of the body.

Table 1
Peripheral blood parameters in swimmers of different ages

Parameters	9–10 years, n=25	11–13 years, n=25	14–16 years, n=25	P _{1,2}	P _{1,3}	P _{2,3}
white blood cells ($10^9/l$)	7.30 ± 0.57	6.17 ± 0.31	7.93 ± 1.12	$P < 0.05$	$P > 0.01$	$P > 0.01$
eosinophils (%)	6.75 ± 0.98	2.56 ± 0.73	2.33 ± 0.42	$P < 0.01$	$P < 0.01$	$P > 0.01$
neutrophils. stick. core. (%)	4.50 ± 1.60	3.78 ± 0.55	4.67 ± 0.88	$P > 0.01$	$P > 0.01$	$P > 0.01$
netrof. segment. core. (%)	48.63 ± 2.82	50.89 ± 2.51	51.33 ± 1.96	$P > 0.01$	$P > 0.01$	$P > 0.01$
Lymphocytes (%)	34.50 ± 2.71	37.22 ± 3.03	37.50 ± 1.52	$P > 0.01$	$P > 0.05$	$P > 0.01$
monocytes (%)	5.88 ± 0.93	5.78 ± 1.00	4.17 ± 0.060	$P > 0.01$	$P > 0.05$	$P > 0.01$
ESR (mm/h)	6.88 ± 0.99	4.78 ± 0.98	3.83 ± 1.08	$P > 0.01$	$P < 0.05$	$P > 0.01$
hemoglobin (g/l)	128.78 ± 3.32	137.37 ± 1.95	137.00 ± 2.27	$P < 0.01$	$P < 0.05$	$P > 0.01$
hematocrit (%)	40.75 ± 0.96	40.33 ± 0.69	43.00 ± 0.02	$P > 0.01$	$P > 0.05$	$P < 0.05$

When determining the adequacy of the response of a non-specific link of the swimmers immune system to external influences, we took into account not only the quantitative characteristics of the main components of the blood immune system, but also the nature of the relationships between these components, which together determined the effectiveness of the compensatory-adaptive immune response [8, 9]. The nature and

severity of the relationships were determined using a correlation analysis between the indicators of white blood. The results of the correlation analysis are presented in Table 2.

We have shown the presence of a strong correlation between leukocytes and neutrophils (range $r = 0.71-0.51$), lymphocytes and neutrophils (range $r = -0.79-0.68$), lymphocytes and monocytes (range $r = -0.85 - -0.45$) among all athletes, which, especially for novice swimmers, was a favorable factor that does not allow the transition of the prerequisites of immune insufficiency in the transient type to immune insufficiency with a pathological symptom complex [9].

Table 2

**Correlations links between peripheral blood parameters
in swimmers of different ages**

Correlation pairs	9–10 years	15–16 years
White blood cells-lymphocytes	+0.38	-0.32
White blood cells-neutrophils rod-shaped	+0.71**	+0.51*
White blood cells-segmented neutrophils	-0.28	+0.22
White blood cells-eosinophils	-0.98 **	+0.01
Lymphocytes-monocytes	-0.85**	-0.45*
Lymphocytes-neutrophils	-0.79**	-0.68**
Neutrophils-eosinophils	+0.35	-0.31
Hemoglobin-white blood cells	-0.56**	-0.28

Note: * – correlation significant on the 0.05 level,
 ** – correlation significant on the 0.01 level;

So, it can be concluded that in young swimmers of 9–10 years old, when performing swimming loads, a more pronounced acidotic state of the blood was recorded due to a significant accumulation of lactic acid in the blood compared to adolescent and youth swimmers. Obviously, the development of metabolic acidosis is a provoking factor in the formation of immunodeficiency states, especially in the inferiority phase of nonspecific adaptive reactions. It is known that the enhanced elimination of immunoglobulins from the blood serum is accompanied by their fixation with numerous receptors of blood cells, including erythrocytes [10]. This leads to a change in the electric charge of the last and promotes bonding and faster settling. We showed that the ESR index in swimmers 9-10 years old was significantly higher compared to older age groups ($p < 0.05$). Also noteworthy is a significant decrease in lactic acid and the number of eosinophils in the peripheral blood of adolescent and young swimmers, who have registered harmonious nonspecific adaptive reactions. Moreover, the formation of a harmonious adaptive reaction of the body in response to the influence of an external factor is determined by the variety of interactions of various components of the functional system responsible for the implementation of the adaptive effect. Depending on the level of functional requirements imposed on the structural components of the system, the most rational algorithm for quantitative and qualitative relationships between the components of the system is

selected. The presence of a strong correlation between leukocytes and neutrophils, lymphocytes and neutrophils, lymphocytes and monocytes, which we found in young swimmers in the age range from 11 to 16 years, seems to be a prerequisite for ensuring effective nonspecific adaptation to the factors of swimming loads. The conducted studies confirm our assumptions that the main factor influencing the decrease in the general resistance of the body of children 9–10 years old engaged in sports swimming is high-intensity physical activity, which causes the prerequisites for metabolic acidosis. In this case, it is necessary to focus on childhood, in which adaptive reactions, exactly, their effectiveness, are determined by age-related features and imperfect mechanisms for regulating the vegetative functions of the body, increased vegetative reactivity of the sympathetic, and as a result, the excess of the adaptive metabolic link.

In connection with the last, it is recommended to control the intensity of swimming loads for young swimmers aged 9–10 years, and not to allow it to exceed the heart rate above 165 beats/min. Applied to young swimmers over 10 years old, similar in intensity to swimming physical activities, increase the overall resistance of their body.

CONCLUSIONS

1. Swimming physical activity with a heart rate intensity of more than 165 beats / min contributes to the increase in lactic acid production over 8 mmol/l in swimmers 9–10 years old, forms the prerequisites for fatigue, against which there is a decrease in overall resistance and the development of transient immune deficiency. A similar intensity of swimming loads among swimmers 11–16 years old contributes to an increase in overall immunological resistance.
2. The presence of a strong correlation between leukocytes and neutrophils ($r=0.71$; $r=0.51$), lymphocytes and neutrophils ($r=-0.79$; $r=-0.68$), lymphocytes and monocytes ($r=-0.85$; $r=-0.45$), established in the range of 11-16 years, is a prerequisite for ensuring effective nonspecific adaptation to swimming load factors.
3. The revealed age-specific features of non-specific immunological resistance among swimmers with different metabolic factors of fatigue in conditions of swimming loads allow us to reasonably recommend the amount of external influence during swimming classes to increase the overall resistance of the body.

References

1. Tolstoy O. A. *Immune system dysfunction and its correction under intense physical exertion* (diss cand med sci St-Petersburg: Military Medical Academy S. M. Kirov) p. 153. (2022)
2. Mikhailov K. K. and Ivanov V. G. Factors determining the need for the use of physical exercise for the prevention of coronavirus infections, *J. Scientific notes of the P. F. Lesgaft University.*, **5 (183)**, 276 (2020).
3. Petrushkina N. A. Immunology of sports (literature review), *Scientific and Sports Bulletin of the Urals and Siberia.*, **3 (23)**, 21 (2019).
4. Badtieva V. A. , Sharykin A. S. and Zelenkova I. E. Sports medicine and the sports community in the context of the coronavirus epidemic, *J. Consilium Medicum.*, **22 (5)**, 28 (2020)
5. Pogodina S. V. , Pogrebnoy A. I. and Yuferev V. S. *Functional parameters of adaptation systems in swimmers of different ages*, 177 p. (Krasnodar: KSUFKST, 2018).

6. Garkavi L. Kh., Kvakina E. B. and Ukolova M. A. *Adaptive reactions and resistance of the organism*, 223 p. (Rostov-on-Don: Rostov University Press, 1990).
7. Garkavi L. Kh., Kvakina E. B. and Kuzmenko T. S. Signal indicators of antistress adaptive reactions and stress in children, *J. Pediatrics.*, **5**, 107 (1996).
8. Lebedev K. A. and Ponyakina I. D. *Immune insufficiency (detection and treatment)*, 442 p. (Moscow: Meditsinskaya kniga, N-Novgorod: Publishing House of NGMA, 2003).
9. Mikhaïlenko A. A. and Fedotova T. A. The role of correlation relationships in the assessment of the functional capabilities of the immune system, *J. Immunologiya.*, **2**, 59 (2000).
10. Suzdalsky R. S. and Levando V. A. New approaches to understanding sports stress immunodeficiency *J. Theory and practice of physical culture.*, **1**, 68 (2003).

Епишкин И. В. Возрастные особенности неспецифической иммунологической резистентности организма юных пловцов при разных метаболических факторах утомления / И. В. Епишкин // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2022. – Т. 8 (74), №2. – С. 49–55.

В статье показаны результаты исследования возрастных особенностей неспецифической иммунологической резистентности, формирующейся у пловцов в ответ на метаболические факторы утомления при плавательных физических нагрузках. Исследования проведены на пловцах 9-10, 11-13, 14-16 лет с применением гематологического, биохимического, пульсометрического и статистического методов. Результаты показали, что при равной суммарной пульсовой стоимости плавательных физических нагрузок у пловцов 9-10, 11-13 и 14-16 лет определены различия в продукции молочной кислоты после тренировочных занятий и ответах неспецифического звена иммунной системы крови. В группе 9-10 лет установлено снижение неспецифической резистентности в ответ на плавательные нагрузки суммарная интенсивность, которых находилась в диапазоне ЧСС 165-166 уд/мин. В периферической крови детей 9-10 лет определено содержание молочной кислоты свыше 8 ммоль/л, повышение концентрации эозинофилов и СОЭ до предела порога нормы. Аналогичная интенсивность плавательных нагрузок у пловцов 11-16 лет способствовала повышению общей иммунологической резистентности и формированию неспецифических адаптационных реакций на уровне повышенной активации. При этом обязательным условием формирования гармоничных неспецифических реакций в организме 11-16 летних пловцов явилось наличие стойкой корреляции между лейкоцитами и нейтрофилами, лимфоцитами и нейтрофилами, лимфоцитами и моноцитами. Выявленные возрастные особенности неспецифической резистентности пловцов позволяют рекомендовать величину внешнего воздействия при занятиях плаванием для повышения общей сопротивляемости организма.

Ключевые слова: возрастные особенности, неспецифическая резистентность системы крови, плавательные нагрузки, молочная кислота, юные пловцы.

УДК 597.5.591.11

**ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ФОСФОРА В ТКАНЯХ МИДИЙ
(ГЕПАТОПАНКРЕАС, ЖАБРЫ, НОГА) *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM
ИЗ РАЗНЫХ АКВАТОРИЙ**

Залевская И. Н., Джаппарова Э. С.

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

Исследованы количественные показатели неорганического фосфора и общего белка в тканях мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam из разных акваторий. Установлена тканевая специфика исследованных параметров, показано, что количество неорганического фосфора уменьшается в ряду гепатопанкреас→ жабры→ нога у мидий обеих акваторий. Количество общего белка, уменьшается в том же направлении. Обе морфы не имеют достоверных различий по содержанию неорганического фосфора в ноге, достоверные различия установлены в жабрах и гепатопанкреасе, что может свидетельствовать о разности протекания процессов адаптации этих органов у черной и коричневой морфы в одинаковых условиях. Установлено, что мидии из бухты Александровской, подвергающейся большей антропогенной нагрузке, содержат существенно меньше количества белка, чем мидии акватории косы Беляус Черноморского побережья, являющаяся условно чистой. В условиях большей антропогенной нагрузки у черной морфы мидий процессы расходования белка на катаболизм идут интенсивнее по сравнению с коричневой морфой.

Ключевые слова: неорганический фосфор, гепатопанкреас, антропогенная нагрузка, катаболизм.

ВВЕДЕНИЕ

Фосфор попадает внутрь клетки в виде неорганического фосфата в результате активного переноса. Оказавшись в клетке, он включается в различные органические соединения и в конденсированные неорганические фосфаты (полифосфаты), которые в чрезмерном количестве оказывают канцерогенное действие, нарушается минеральный обмен, что характеризуется задержкой в организме избытка неорганических фосфатов [1]. Наибольший урон морским сообществам наносят соединения фосфора, поступающие с бытовыми и промышленными стоками, а также ливневыми водами, которые смывают с полей удобрения [2]. В последнее время возросли объемы поступающего фосфора, так как его соединения содержатся в моющих средствах [3, 4]. Содержание общего белка в сыворотке является одним из главных показателей физиологического состояния организма животного в целом [5–7]. На этом основании, целью работы являлось определение содержания количества неорганического фосфора и количества общего белка в органах мидий гепатопанкреас, жабры, нога двух цветовых морф из акваторий с разной степенью

антропогенной нагрузки. Полученные данные могут быть использованы в качестве дополнительных показателей при комплексном изучении влияния антропогенного загрязнения акваторий Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для приготовления гомогената 1 мг тканей мидии растирали в фарфоровой ступке. Переносили в колбу, добавляя 1 мл 0.9 % натрия хлорида, центрифугировали, получая экстракт.

Для количественного определения содержания неорганического фосфора в сыворотке мидии спектрофотометрическим методом без депротеинизации использовали набор «ФН – ОЛЬВЕКС». Метод основан на способности фосфат-ионов образовывать в кислой среде в присутствии детергента с молибдатом аммония фосфорномолибденовый комплекс, оптическая плотность которого при длине волны 340 нм пропорциональна концентрации неорганического фосфора в исследуемом образце. Смешивали необходимое количество реагента № 1 и № 2 в соотношении 100:1, получая рабочий реагент.

В пробирку с опытной пробой добавляли 0,02 мл экстракта и 2,0 рабочего реагента. В пробирку с контрольной пробой – 0,02 мл дистиллированной воды и 2,0 рабочего реагента. В калибровочную пробу добавляли 2,0 рабочего реагента и 0,02 калибратора. Пробы тщательно перемешивали и выдерживали в течении 5 минут при комнатной температуре +18–25 °С. Измеряли оптическую плотность опытной и калибровочной проб против контрольной пробы при длине волны 340 нм на спектрофотометре «СФ-56» в кювете с длиной оптического пути 1,0 см.

Для количественного определения содержания общего белка в сыворотке мидии биуретовым методом использовали набор реагентов «БЕЛОК-ОЛЬВЕКС». Белок образует окрашенный комплекс с ионами меди в щелочной среде. Интенсивность окраски реакционной среды пропорциональна концентрации общего белка в пробе и измеряется фотометрически при длине волны 540 нм.

В пробирку с опытной пробой добавляли 0,1 мл экстракта и 5,0 рабочего реагента. В пробирку с контрольной пробой – 0,1 мл дистиллированной воды и 5,0 рабочего реагента. В калибровочную пробу добавляли 5,0 рабочего реагента и 0,1 калибратора. Пробы тщательно перемешивали и инкубировали при комнатной температуре +(18–25) °С в течении 30 минут. Измеряли оптическую плотность опытной пробы и калибровочной проб против контрольной пробы при длине волны 540 нм на спектрофотометре «СФ-56». Полученные экспериментальные данные обработаны с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel. Сравнение средних показателей производили с помощью стандартных методов вариационной статистики. Различия в показателях считали статистически значимыми при уровне $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенной работы было установлено содержание неорганического фосфора в тканях мидий разных цветовых морф, обитающих в бухте Александровская и акватории косы Беляус.

Таблица 1
Содержание неорганического фосфора в тканях мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. коричневой и черной морфы в пределах каждой акватории (n=15)

Наименование акватории	Бухта Александровская			Акватория косы Беляус		
	Геп	Жабры	Нога	Геп	Жабры	Нога
Коричневая	6,4±0,3	3,9±0,2	1,3±0,1	2,9±0,3	2,5±0,2	1,2±0,2
Черная	4,7±0,2	2,7±0,3	1,0±0,1	1,8±0,2	1,3±0,1	0,9±0,1
P	P<0,01	P <0,01	н/д	P <0,01	P <0,001	н/д

Примечание: Геп – Гепатопанкреас

Как видно в таблице 1 содержание неорганического фосфора у мидии коричневой и черной морфы бухты Александровская достоверно различаются в жабрах и гепатопанкреасе, в то время как достоверных различий в ноге не выявлено. Коричневая морфа мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. содержит в жабрах в 1,4 раз больше неорганического фосфора, чем мидии черной морфы, гепатопанкреас соответственно в 1,37 больше.

Из представленных данных по акватории косы Беляус, видно, что количество неорганического фосфора в тканях ноги не имеют достоверных различий. Достоверные различия выявлены в жабрах и гепатопанкреасе. Коричневая морфа содержит в 1,9 раза больше неорганического фосфора в жабрах, чем мидия черной морфы.

Известно, что в популяции мидии *M. Galloprovincialis* Lam наблюдается полиморфизм по цвету раковины [8]. Увеличение количества мидий с раковиной черного цвета рассматривают как физиологический отклик моллюсков на изменение окружающей среды [9]. До сих пор отсутствуют какие-либо сведения о накоплении макро- и микроэлементов, относящихся к разным цветовым морфам.

Мы предполагали, что показатели коричневых и черных морф будут достоверно различаться во всех органах, однако, полученные нами данные, не подтверждают это.

Вероятно, цветовой полиморфизм является откликом моллюсков на изменение окружающей среды, которые можно зафиксировать с помощью других показателей, например, по продуктам перекисного окисления липидов, количеством тяжелых

металлов и другие. Однако, достоверная разница показателей в тканях жаберного аппарата и гепатопанкреасе дает основание предположить, что мидии коричневой морфы способны изначально получить большее количество фосфора при фильтрации воды.

Таблица 2

Сравнение количественного содержания неорганического фосфора в органах мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. коричневой и черной морфы между акваториями (n=15)

Морфа	Коричневая морфа			Черная морфа		
	Геп	жабры	нога	Геп	Жабры	Нога
Наименование акватории						
Бухта Александровская	6,4±0,7	3,9±0,4	1,3±0,1	4,7±0,3	2,8±0,3	1,0±0,1
Акватория косы Беляус	2,9±0,5	2,5±0,3	1,2±0,1	1,9± 0,2	1,3±0,1	0,9±0,1
P	P <0,01	P <0,01	н/д	P <0,001	P <0,01	н/д

Примечание: Геп – Гепатопанкреас

Из проведенной нами сравнительной характеристики содержания неорганического фосфора коричневой морфы разных акваторий, видны достоверные различия в гепатопанкреасе и жабрах обеих морф. В ноге достоверных различий у черной и коричневой морфы выявлено не было.

Для черной морфы из разных акваторий характерны достоверные различия так же в гепатопанкреасе и жабрах, в ноге достоверных различий выявлено не было.

Стоит заметить, что содержание неорганического фосфора значительно меньше у мидии акватории косы Беляус, по сравнению с мидиями из бухты Александровская. Гепатопанкреас – в 2.2 раз для коричневой морфы и в 2.5 раза для черной морфы. Жабры – 1.6 для коричневой морфы и в 2.1 раз для черной морфы. Количественные показатели в ноге обеих морф близко к единице.

Подводя итог, можно сделать вывод, что мидии коричневой и черной морфы из бухты Александровской акватории г. Севастополя испытывали большую количественную нагрузку фосфора. Это может быть связано с высокой интенсивностью антропогенной нагрузки, в отличие от акватории косы Беляус, которая является условно чистой.

Как видно в таблице 3, содержание общего белка коричневой морфы достоверно различается с черной морфой из бухты Александровской во всех исследуемых органах. Это может быть связано с тем, что мидии черной морфы в условиях повышенной антропогенной нагрузки используют больше белков на катаболизм в условиях адаптации, по сравнению с коричневой.

Таблица 3

Содержание общего белка в органах мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. коричневой и черной морф в пределах каждой акватории (n=15)

Наименование акватории	Бухта Александровская			Акватория косы Беляус		
	Геп	Жабры	Нога	Геп	Жабры	Нога
Коричневая	24,0±0,8	11,6±0,6	6,3±0,5	35,9±0,7	16,96±0,5	10,1±0,5
Черная	18,9±0,7	9,9±0,4	4,6±0,4	34,8±0,7	13,9±0,7	9,2±0,5
Р	Р<0,001	Р<0,05	Р<0,01	н/д	Р<0,01	н/д

Примечание: Геп – Гепатопанкреас

В акватории косы Беляус, выявлены достоверные различия между черной и коричневой морфой только в жабрах, в ноге и гепатопанкреасе различия не достоверны. Мидии черной и коричневой морфы, не испытывая сильной антропогенной нагрузки расходуют белки примерно одинаково, до того, как подвергнутся высокому уровню окислительного стресса.

Таблица 4

Сравнение количественного содержания общего белка в органах мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. коричневой и черной морфы между акваториями (n=15)

Морфа	Коричневая морфа			Черная морфа		
	Геп	Жабры	Нога	Геп	Жабры	Нога
Бухта Александровская	24,0±0,8	11,6±0,6	6,3±0,5	18,9±0,7	9,9±0,4	4,6±0,4
Акватория косы Беляус	35,9±0,7	16,9±0,6	10,1±0,5	34,9±0,7	13,9±0,7	9,2±0,5
Р	Р<0,001	Р<0,001	Р<0,001	Р<0,001	Р<0,001	Р<0,01

В приведенных данных, видно, что показатели общего белка коричневой морфы мидии акватории косы Беляус достоверно различаются во всех исследуемых тканях по сравнению с бухтой Александровской.

Исходя из таблицы 4, можно отметить, что показатели общего белка черной морфы мидии акватории косы Беляус так же достоверно различаются во всех исследуемых тканях.

Гепатопанкреас моллюсков представляет собой орган, совмещающий функции поджелудочной железы и печени, активно расщепляющий и запасаящий углеводы, белки, жиры [10]. Эти метаболические ресурсы интенсивно используются во время стрессов разной природы, в том числе и в анаэробных условиях. На начальных этапах аноксии и голодания именно гепатопанкреас мидии выступает донором аминокислот для процессов биосинтеза и энергетического обеспечения тканей [11].

Общий белок в крови представляет собой суммарное содержание всех видов белков, циркулирующих в сыворотке. Содержание белка и его фракций в сыворотке крови наиболее часто используется в качестве индикатора общего состояния моллюска [12, 13]. Значительные потери белка могут быть связаны со снижением жизнестойкости и сопровождаться гибелью мидии. Низкие значения указывают на истощение животных.

Повышенные концентрации фосфора меняют окислительные процессы в различных компонентах клетки и повышает потребность организма к кислороду [14]. В условиях повышенных концентраций сточных вод и прочих загрязнителей происходит внутриклеточное перераспределение белков в тканях, и связано с усилением роли защитных белков γ -глобулиновой фракции. Главная функция белков – это сохранение гомеостаза организма за счет участия в различных биохимических процессах [15]. Снижение уровня общего белка связано с усиленным катаболизмом белков при гипоксии. Исходя из этого, можно сделать вывод, что мидии из бухты Александровской сильнее подвержены гипоксии и испытывают больший окислительный стресс.

В дальнейшем полученные данные могут быть использованы в мониторинговых программах при комплексном изучении влияния антропогенной нагрузки на акватории Черного моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена тканевая специфика исследуемых параметров. Количество неорганического фосфора уменьшается в ряду гепатопанкреас → жабры → нога у мидий обеих акваторий. Количество общего белка так же уменьшается в ряду гепатопанкреас → жабры → нога.

Установлено достоверное повышение количественных показателей неорганического фосфора у мидий из бухты Александровской акватории города Севастополя по сравнению с акваторией косы Беляус Черноморского побережья.

Показано, что коричневая и черная морфа не имеют достоверных различий в содержании неорганического фосфора в ноге, достоверные различия установлены в жабрах и гепатопанкреасе, что может свидетельствовать о разности протекания процессов адаптации этих органов у черной и коричневый морфы при одинаковой антропогенной нагрузке акватории.

Доказано, что в условиях большей антропогенной нагрузки у черной морффы мидий процессы расщепления белка на катаболизм идут интенсивнее по сравнению с коричневой морфой.

Работа выполнена в рамках реализации проекта Программы развития ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» на 2015–2024 годы: «Разработка новой междисциплинарной модульной магистерской программы «Биотехнология, биохимия и биоинформатика». Технологическим оборудованием для отработки методов служили: спектрофотометр СФ-56 и центрифуга Вортекс Комбиспин 2400.

Список литературы

1. Айвазова Л. Е. О растворимости фосфатов в морской воде. // Исследования по теоретической и прикладной химии моря. / Айвазова Л. Е., Федосов М. В. – М., «Наука», 1972. – 209 с.
2. Меньшикова Е. Б. Антиоксиданты и ингибиторы радикальных окислительных процессов / Меньшикова Е. Б., Зенков Н. К. // Успехи современной биологии. 1993. – Т. 113, № 4. – С. 442–455.
3. Podgurskaya O. V. Cd distribution among subcellular fractions and cytoplasmatic proteins of the digestive gland and kidney of the mussel *Crenomytilus grayanus* from upwelling regions / Podgurskaya O. V., Kavun V. Ya. // Marine environment: nature, communication and business, Vladivostok, Russia, June 2, 2003: International conference – Pusan: Korea Maritime University, 2003. – P. 31–32.
4. Гостюхина О. Л. Сравнительное исследование антиоксидантного комплекса тканей черноморских моллюсков: *Mytilus galloprovincialis*, *Anadara inaequalis* и *Crassostrea gigas* / Гостюхина О. Л., Головина И. В. // Гидробиологический журнал. – 2013. – Т. 49, № 1. – С. 82–90
5. Довженко Н. В. Реакция антиоксидантной системы двустворчатых моллюсков на воздействие повреждающих факторов среды: Автореф. дис. канд. биол. наук. / Довженко Н. В. – Владивосток, 2006. – С. 223–225.
6. Алякринская И. О. Биохимические предпосылки высокой выживаемости мидий / И. О. Алякринская // Промысловые двустворчатые моллюски-мидии и их роль в экосистемах. – Л., 1979. – С. 12–13.
7. Вержбинская Н. А. Тканевой окислительный обмен мидий и его сезонные изменения / Вержбинская Н. А., Шапиро А. З. // В кн.: Физиология и биохимия беспозвоночных. – Л.: Наука, 1968. – С. 233–342.
8. Hourdez St. Molecular and functional adaptations in deep-sea hemoglobins / Hourdez St., Weber R. E. // Journal of Inorganic Biochemistry. – 2005. – Vol. 99. – P. 130–141.
9. Виноградова З. А. Материалы по биологии черноморских моллюсков / Виноградова З. А. // Тр. Карадаг. биол. станции. – 1950. – Вып. 9. – С. 100–158.
10. Ревков Н. К. Рост и размножение *Mytilaster lineatus* у Крымского побережья Черного моря / Ревков Н. К. // Рациональное использование ресурсов моря – важный вклад в реализацию продовольственной программы : Материалы конф., Севастополь, 10–11 дек. 1984 г. – Севастополь, 1984. – Ч. 2. – С. 268–275.
11. Каржевич А. Ф. Влияние дефицита кислорода на выживание и рост черноморских моллюсков – аутоаклиматизантов Азовского моря / А. Ф. Каржевич, С. Ч. Спичак // Промысловые двустворчатые моллюски – мидии и их роль в экосистемах. – Л., 1979. – С. 60–62.
12. Newkirk G. F. Genetics of shell color in *Mytilus edulis* L. and the association of growth rate with shell color. / Newkirk G. F. // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1980. – 47, № 1. – P. 89–94.
13. Лукьянова О. Н. Молекулярные биомаркеры энергетического метаболизма мидий при антропогенном загрязнении залива Петра Великого Японского моря / Лукьянова О. Н. // Экология. – 2006. – № 3. – С. 227–231.
14. Столбова Н. Г. Генетический полиморфизм мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. у берегов Крыма / Столбова Н. Г., Ладыгина Л. В. // Цитология и генетика. – 1994. – 28, № 2. – С. 62–66
15. Sahin C. The Benthic Exotic Species of the Black Sea: Blood Cockle (*Anadara inaequalis*, Bruguiere, 1789: Bivalve) and Rapa Whelk (*Rapana thomasi*, Crosse, 1861: Mollusc) / Sahin C., Emiral H.,

Okumuş I., Gozler A. M., Kalayci F., Hacimurtezaoglu N. // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2009. – Vol. 8(2). – P. 240–245.

**FEATURES OF PHOSPHORUS METABOLISM IN THE TISSUES OF MUSSELS
(HEPATOPANCREAS, GILLS, LEG) MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LAM
FROM DIFFERENT WATER AREAS**

Zalevskaya I. N., Dzhaparova E. S.

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

The quantitative indicators of inorganic phosphorus and the abundant protein in the tissues of the mussels *Mytilus galloprovincialis* Lam from different water areas were studied. A tissue feature of the studied parameters was found, showing that the amount of inorganic phosphorus decreases in the order of hepatopancreas → gills → leg in mussels occupying water areas. The amount of common proteins increasing in the same volume. A significant increase in the amount of inorganic phosphorus in the mussel bays of the Aleksandrovskaya water area of the city of Sevastopol was established in comparison with the water area of the Belyaus Spit.

Both morphs are not pronounced in terms of the content of inorganic phosphorus in the hepatopancreas and legs, revealing differences in liver diseases, which may manifest themselves in the difference in the development of the gill apparatus and the brown morph under related conditions. It has been established that mussels from Aleksandrovskaya Bay, which is subjected to a greater anthropogenic load, significantly reduce the amount of protein than mussels from the water area of the Belyaus Spit on the Black Sea coast, being conditionally conditional. Under conditions of a greater anthropogenic load in severe morphic diseases of mussels, protein catabolism is more intense compared to the brown morph.

Based on the results of our work, it can be assumed that increased phosphorus concentrations change the oxidative processes in various cell components and increase the body's production of oxygen. Under conditions of elevated concentrations of wastewater and light pollutants, intracellular redistribution of proteins in tissues occurs, and this may be due to the presence of the characteristic protein γ -globulin. The main function of proteins is to maintain the body's homeostasis by participating in various biochemical processes.

Total protein in the blood is the sum total of all types of proteins circulating in the serum. The content of protein and its fractions in the blood serum is most often used as an indicator of the general condition of the mollusk. Significant protein losses are accompanied by obesity of hardiness and are accompanied by the death of mussels. Low residual values on records. Reducing the level of the overall probability of the probability associated with enhanced catabolism of the protein during hypoxia. Because of this, it can

be concluded that mussels from Alexandrovskaya Bay are much stronger than hypoxia and are subject to significant oxidative stress.

The data obtained were used as additional indicators in a comprehensive study of anthropogenic pollution of the Black Sea water areas.

Keywords: inorganic phosphorus, hepatopancreas, anthropogenic load, catabolism.

References

1. Aivazova L. E., Fedosov M. V. On the solubility of phosphates in seawater, *Research on theoretical and applied chemistry of the sea*, 209 p. (M., "Science", 1972).
2. Menshikova E. B., Zenkov N. K. Antioxidants and inhibitors of radical oxidative processes, *Successes of modern biology*, **113**, **4**, 442 (1993).
3. Podgurskaya O. V., Kavun V. Ya. *Cd distribution among subcellular fractions and cytoplasmic proteins of the digestive gland and kidneys of the mussel Crenomytilus grayanus from the upwelling regions*, Marine environment: nature, communication and business, Vladivostok, Russia, June 2, 2003: International Conference, 31-32. (Busan: Korean Maritime University, 2003).
4. Gostyukhina L., Golovina V. Comparative study of the antioxidant complex of tissues of Black Sea mollusks: mussels *Mytilus galloprovincialis*, *Crassostrea Anadara inaequalis* and *Gigas*, *Hydrobiological Journal*, **49**, **1**, 82 (2013).
5. Dovzhenko N. V. *Reaction of the antioxidant system of bivalves to the effects of damaging environmental factors*: Abstract of the dissertation of the Candidate. biol. Sciences, 223 (Vladivostok, 2006).
6. Alyakrinskaya I. O. Biochemical prerequisites for high survival of mussels, *Commercial bivalve mollusks-mussels and their role in ecosystems*, 12 (L., 1979).
7. Verzhbinskaya N. A., Shapiro A. Z. Tissue oxidative metabolism of mussels and its seasonal changes, *In: Physiology and biochemistry of invertebrates*, 233 (L.: Nauka, 1968).
8. Khurdez S., Weber R. E. Molecular and functional adaptations in deep-sea hemoglobins, *Journal of Inorganic Biochemistry*, **99**, 130 (2005).
9. Vinogradova Z. A. *Materials on biology of Black Sea mollusks*, Tr. Karadag. biol. Stations, **9**, 100 (1950).
10. Revkov N. K. *Growth and reproduction of Mytilaster lineatus near the Crimean coast of the Black Sea*, Rational use of sea resources – an important contribution to the implementation of the food program : Materials conf., 268-275 (Sevastopol, 1984).
11. Karzhevich A. F., Spichak S. Ch. *The influence of oxygen deficiency on the survival and growth of the Black Sea autoacclimatizant mollusks of the Sea of Azov*, Commercial bivalve mollusks – mussels and their role in ecosystems, 60 (L., 1979).
12. Newkirk G. F. Genetics of shell coloration in *Mytilus edulis* L. and the relationship of growth rate with shell coloration, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **47**, **1**, 89 (1980).
13. Lukyanova O. N. Molecular biomarkers of energy metabolism of mussels under anthropogenic pollution hall. Peter the Great of the Sea of Japan, *Ecology*, **3**, 227 (2006).
14. Stolbova N. G., Ladygina L. V. Genetic polymorphism of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam. off the coast of Crimea, *Cytology and genetics*, **28**, **2**, 62 (1994).
15. Sahin S., Emiral H., Okumush I., Gozler A. M., Kalaichi F., Gadzhimurtezaoglu N. Benthic exotic species of the Black Sea: Bloody mollusk (*Anadara inaequalis*, Bruguiere, 1789: Bivalve mollusk) and *Rapana* mollusk (*Rapana thomasiana*, Crosse, 1861: Mollusk), *Journal of achievements of animal husbandry and veterinary*, **8**(2), 240 (2009).

УДК 581.5:591.6 (292.471)

БИОИНДИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ СТЕПНОГО КРЫМА ПО РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЭНТОМОКОМПЛЕКСУ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМИССИЙ

Кобечинская В. Г.¹, Пышкин В. Б.^{1,2}

¹*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия.*

²*Филиал Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе,
Севастополь, Россия
E-mail: valekohome@mail.ru*

Выполнено исследование воздействия антропогенных эмиссий промышленных предприятий Присивашья степного Крыма на природные степные экосистемы. Биоиндикаторами, выявляющими перестройки этих сообществ, были состав растительности и фаунистический спектр энтомокомплекса. Установлены факторы деградации биоморфологического состава и изменений в структуре сложения растений, а также доминантов почвенно-зоологического комплекса зоофагов. Проведенный анализ оценки продуктивности как растительности, так и биомассы почвенных беспозвоночных позволили выявить существенные нарушения морфологических параметров биогеоценозов степного Крыма, что резко снижает потенциал биологического круговорота веществ в этом регионе под влиянием техногенных загрязнений.

Ключевые слова: структура биогеоценозов, энтомокомплекс, продуктивность растительности, биомасса почвенной мезофауны, промышленные эмиссии, Присивашье, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Состав и структура растительных сообществ, почвы, а также зоологический спектр энтомокомплекса выявляют многообразие взаимоотношений степных экосистем со средой обитания, являясь наиболее информативными блоками. Это позволяет использовать их количественные соотношения для решения вопросов биоиндикации при оценке интенсивности техногенного воздействия на них, что освещено в российских и зарубежных публикациях [1–10].

Интенсивное развитие химической промышленности на севере Крымского полуострова с 70-х годов XX века привело к существенному нарушению природных ландшафтов и ухудшению условий окружающей среды [11, 12 и др.]. Здесь расположены Армянский Филиал ООО «Титановые инвестиции», производящий двуокись титана, серную кислоту, железный купорос и др. продукцию, Сивашский анилино-красочный завод и ПАО «Крымский содовый завод» (г. Армянск Красноперекоский район Республики Крым). Из-за промышленных выбросов, в первую очередь диоксида серы (6,4 т/сут.), а также за счет испарения из кислотонакопителя образуются кислотные осадки, которые оказывают негативное

воздействие не только на здоровье жителей городов, но и на прилегающие степные экосистемы.

Эти процессы для данного региона подтверждены и в Распоряжении Правительства РФ от 29 июля 2014 года № 1398-р «Об утверждении перечня монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногорода), в которых имеются риски ухудшения социально-экономического положения». В перечень этих городов от Республики Крым вошли г. Армянск и г. Краснопереконск [13].

Для получения количественных характеристик влияния и аккумуляции аэрозолей ведущих загрязнителей промышленных выбросов заводов этого региона на природные степные фитоценозы нами были заложены постоянные пробные площади, находящиеся на различном удалении от территории этих предприятий с учетом розы ветров (от 200 м до 80 км).

Целью наших исследований было проследить в трехлетней динамике направленность и особенности перестройки растительности, почв и почвенно-зоологического комплекса пробных участков степи с учетом воздействия на них промышленных эмиссий. Вышеуказанная проблематика обусловила выбор темы исследования и ее актуальность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами были заложены 5 пробных площадей по 100 м² с использованием стандартных геоботанических методик [14, 15]. Изучались полный флористический состав, выявлялись постоянные и временные доминанты, эдификаторы и субдоминанты, общее проективное покрытие, вертикальная и горизонтальная структура растительности. Видовая насыщенность изучалась соответственно на пробных площадках по 1 м² в 10-кратной повторности, оценивались также высота травостоя и первичная продуктивность фитоценозов [16]. Номенклатура таксонов растений приведена согласно С. К. Черепанову [17].

На этих же пробных участках были выполнены почвенные разрезы с отбором образцов почвы и последующим их физико-химическим анализом. Определяли количество гумуса, рН водной вытяжки, оксидов кальция комплексонометрическим титрованием [18]. При исследовании энтомокомплекса был выявлен видовой состав хортобионтов и их экологическая структура, сделан количественный учет почвенных беспозвоночных и изучен их видовой состав по сезонам с учетом биомассы особей каждой группы мезофауны. Сбор материала вели, используя стандартные энтомологические методики: кошение сачком, ловушки Барбера-Гейлера и др. [19–21]. Все полученные результаты обрабатывались стандартными методами математической статистики. Ошибка средней величины для полученных данных составила $\pm 7-10\%$ [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящие (типичные) степи на черноземах и каштановых почвах в равнинном Крыму сохранились фрагментарно [11, 12, 23–25]. Они характеризуются

преобладанием в травостое многолетних ксерофитных, преимущественно плотнoderновинных злаков. Высокая порозность почв района исследований обуславливают целый ряд их физико-химических свойств: большая воздухоёмкость, быстрота впитывания влаги, высокая теплопроводность и фильтрационная способность, что ведет к резкому уменьшению влагоемкости верхнего горизонта и создают крайне жесткие условия для жизнедеятельности растительного покрова и зоокомплекса, особенно в сезонной динамике [4, 5, 25, 26].

Климат района исследования – умеренно-континентальный со средней температурой января – $1,3^{\circ}\text{C}$ и июля – $+22,6^{\circ}\text{C}$. Среднегодовые температуры $+10,5^{\circ}\text{C}$, а среднегодовое количество осадков – 407 мм, выпадающие преимущественно в осенне-зимний период. Летом степная зона отличается засухами и суховеями (18–20 дней). Континентальность и засушливость климата степного Крыма усиливается за счет повышенного ветрового режима. Величина испаряемости влаги почти в два раза превышает количество выпавших осадков. По данным исследований климата Крыма В. П. Нестеренко [27] отмечено, что за последние 20 лет в степной зоне среднегодовая температура воздуха увеличилась на $1,24\pm 0,06^{\circ}\text{C}$, осадки в зимний период в среднем увеличились на 62 ± 15 мм.

Участок № 1 расположен с юга вблизи стен завода двуокиси титана (таблица 1). Это фрагмент деградированной вторичной степной растительности с высоким обилием сорных видов: *Amaranthus retroflexus*, *Atriplex hortensis*, *Erucastrum gallicum*, *Euphorbia humifusa* и др. Средняя высота травостоя – 25–40 см. Доминируют: *Agropyron pectiniforme*, *Diploaxis tenuifolia*, *Bromus squarrosus*, *Euphorbia virgata*, *Centaurea diffusa* и др. Здесь развита ass. *Agropyron pectiniforme* + *Diploaxis tenuifolia* – *Euphorbia virgata* – *Bromus squarrosus* (асс. кострово-молочайно-двурядково-житнякавая). Здесь наиболее низкое флористическое разнообразие – 28 в. Общее проективное покрытие незначительное (45–50 %), также и наиболее малые показатели видовой насыщенности $4,2\pm 0,9/1\text{ м}^2$. Почвы – темно-каштановые, карбонатные. Содержание гумуса низкое – 1,33 %, обусловлено в том числе недостатком почвенного увлажнения, pH – 6,0–7,1, общая скважность достаточно высокая в пределах 60–70 %, поглотительная способность почвы – 49,2 %.

Таблица 1

Сравнительные показатели структуры и продуктивности растительности пробных площадей степного Крыма

№ п/п участка	Число видов на 100 м^2	Общее проективное покрытие, %	Видовая насыщен. на 1 м^2	Коэффициент пестроты сложения	Продуктивность фитомассы, ц/га
1.	28	45–50	$4,2\pm 0,9$	12,1	$4,2\pm 0,3$
2.	33	70–75	$12,6\pm 1,2$	11,5	$8,5\pm 0,5$
3.	56	80–90	$17,5\pm 1,8$	10,2	$9,7\pm 0,9$
4.	75	95–100	$19,6\pm 1,4$	6,9	$13,5\pm 1,2$
5.	63	60–70	$20,8\pm 1,7$	10,6	$10,7\pm 0,9$

Участок № 2 представлен настоящей степью, он расположен в 3 км к югу от завода. Средняя высота травостоя – 25–35 см. Здесь можно выделить ass. *Artemisia lercheana* – [*Peganum harmala*] – *Agropyron pectiniforme* – *Teucrium chamaedrys* (дубровниково-житняково-полынную). Субдоминантами являются: *Artemisia taurica*, *Festuca rupicola*, *Tanacetum millifolium*, *Koeleria lobate*. В сложении растительности хорошо выражена мозаичность в связи с тем, что он расположен по склону холма и здесь ведется периодический выпас овец. Численность растений на 100 м² – несколько выше 33 вида, как и общее проективное покрытие. Резко повышается видовая насыщенность – 12,6±1,2 / 1 м² почти в три раза. Это коренная растительность для данной климатической зоны, хотя и нарушенная из-за антропогенного влияния. Почвы – южные черноземы, карбонатные, содержание гумуса выше – 2,3 %, рН – 6,5–7,2. Вследствие выпаса физические свойства почвы пропускать воду падают ниже 60 %, опускаясь до величины 50 % у подножья холма. Сумма обменных оснований значительно ниже – 38,2 %.

Участок № 3 заложен в 8 км к западу от промышленного комплекса, равнинный. Здесь в первом ярусе доминируют: *Stipa ucrainica*, *S. capillata*, *Artemisia austriaca*, субдоминантами выступают: *Phlomis pungens*, *Tanacetum achilleifolium*, *Lepidium draba*, *Sinecio vernalis*. Во втором ярусе часто встречаются бурачок бурачковидный (*Alyssum alyssoides*) и солнцезвезд крупноцветковый (*Helianthemum grandiflorum*). Высота травостоя – 30–40 см. Флористическое разнообразие существенно выше – 56 в. Здесь также ведется устойчивый выпас, поэтому обильны в составе степи виды, устойчивые к этому фактору: *Bromus mollis*, *Silene conica*, *Poa sterilis*, *P. angustifolia*, *Teucrium polium*, *Veronica multifida*, *Potentilla recta*, *Camphorosma monspeliaca* и др. В целом сообщество не замкнуто, поэтому новые виды растений легко могут проникнуть в него. Здесь сформировалась ассоциация: ass. *Stipa ucrainica* – *Festuca rupicola* – *Artemisia austriaca* (полынно-овсяницево-ковыльная). Почвы каштановые, карбонатные. Механический состав – легкий суглинок и глина. Содержание гумуса 3,4 %, рН – 6,2–7,1, поглотительная способность почвы – 49,8 %.

Участок № 4 – контрольный. Это целинная заповедная степь у с. Клепинино Красногвардейского района, он расположен в 80 км к югу от промзоны и наиболее удален от промышленных эмиссий. Ведущую роль в сложении сообщества играют злаки, наиболее обильны: *Festuca rupicola*, *Stipa ucrainica*, *Lolium perenne*. Выпас отсутствует, мощная подстилка, высота травостоя – 40–50 см, наблюдается вертикальный континуум. Общее проективное покрытие достигает максимальных значений – 95–100 %, здесь отмечено самое высокое флористическое разнообразие на 100 м² – 75 видов. Здесь выделена ass. *Festuca rupicola* – *Stipa ucrainica* – *Galium ruthenicum* (подмаренниково-ковыльно-типчакковая). Почвы южные черноземы, механический состав – тяжелый суглинок, гумус имеет также самые высокие показатели – 3,9 %, рН – 6,3–6,9. Поглотительная способность наиболее низкая – 29,4 %, что характерно для этого типа почв [25].

Участок № 5 расположен в 70 км к юго-западу от объектов изучения недалеко от г. Черноморск. Это петрофитный вариант настоящей степи, слабо холмистая равнина с выходами плотных известняков на поверхность, почва сильно

щепенчатая. Травостой разрежен, умеренный выпас. Общее проективное покрытие значительно ниже контроля – 60–70 %, как меньше и высота травостоя – 25–35 см. Следует отметить большое разнообразие биоморф от однолетников:

Medicago lupulina, *M. minima*, *Dianthus pseudarmeria*, *Kohlrauschia prolifera* и др., поликарпических трав – *Potentilla depressa*, *Poa angustifolia*, *Euphorbia seguierana*, *Onobrychis gracilis* и др. до полукустарничков – *Euphorbia petrophila*, *Helianthemum stevenii*, *Thymus callieri*, *Th. hirsutus*, *Satureja taurica* и др. Почвы карбонатные черноземы, щепенчатые с содержанием гумуса – 3,4 %, нейтральные (рН – 6,9–7,1), поглотительная способность самая высокая из изученных участков – 50,1 %.

Сравнительный анализ пробных площадей (таблица 1) по флористическому составу позволяет отметить, что наряду с существенным фактором как наличие умеренного выпаса животных [26], четко прослеживается, что чем ближе к заводу, тем беднее флористический спектр сообществ (снижение с 75 до 23 видов). Падает общее проективное покрытие почти в два раза, а, следовательно, сокращается и ассимиляционный аппарат, что сказывается как на снижении биологической продуктивности растительности, так и на фаунистическом разнообразии хортобионтов. Значительно обедняется состав биоморф, если на участках № 4 и № 5 доминируют поликарпические виды (52,3–58 %), то на пробных площадях № 1 и № 2 господствуют однолетники и монокарпики, преимущественно сорные виды. Полукустарнички, значимые в петрофитном варианте настоящей степи (уч. № 5) – 10 %, полностью выпадают в десяти километровой промзоне.

Еще одна особенность влияния промышленных эмиссий – на участках № 1–3 нет видов с встречаемостью более 60 %. По классификации фитоценотивов Л. Г. Раменского [14] виоленты, обеспечивающие устойчивость сложения растительности вблизи завода отсутствуют или очень редки, что свидетельствует о неустойчивости структуры этих биогеоценозов, здесь главенствуют эксплеренты. Рассчитанный коэффициент, оценивающий пестроту сложения структуры изученных сообществ [22] в сравнительном аспекте выявил, что он наиболее низок на контрольном участке № 4 – 6,9, возрастая почти вдвое на пробных площадях, расположенных вблизи от техногенных выбросов (11,5–12,1). Показатель видовой насыщенности также постепенно возрастает по мере удаления от промышленной зоны, достигая максимальных значений на самых дальних № 4 и № 5 площадях ($19,6 \pm 1,4$ и $20,8 \pm 1,7 / 1 \text{ м}^2$ соответственно).

Анализ продуктивности растительности выявил следующие тенденции. Главенствуют по соотношению в фитомассе злаки (16,0–40,5 %) и разнотравье (9,3–12,8 %), кроме участка № 1, где последняя группа составляет всего 1,8 %. В сумме ветошь и подстилка на контроле (участок № 4) значительно превышает фитомассу (71,5–79,3 %) по сезонам года, но вблизи завода этот показатель резко снижается. В промзоне подстилка в 1,5 раза меньше ветоши, т.е. здесь процесс отмирания фитомассы и переходе её в ветошь идет значительно быстрее минерализации, поэтому здесь наиболее низкие показатели гумуса. По мере удаления от завода с учетом ослабления выбросов на растительность отмирание фитомассы и переход её в ветошь замедляется и вес подстилки значительно

превышает ветошь. В целом, продуктивность фитомассы (таблица 1) на всех участках, кроме заповедного ($13,5 \pm 1,2$ ц/га) даже в период максимального развития травостоя низкая (4,2–10,7 ц/га), но все же четко прослеживается возрастание этого параметра по мере удаления от источника промышленного загрязнения.

Установленные тенденции деградации растительности степных экосистем при воздействии на них аэрозолей промзоны г. Армянска подтверждают и выполненные исследования распределения спектра энтомокомплекса на этих же территориях.

Экологическая структура хортобионтов выглядит следующим образом (таблица № 2). Вблизи завода (участок № 1) отмечен их обедненный состав – 23 вида. Полностью выпадают такие характерные для степных экосистем фитофаги, как прямокрылые, единично встречаются растительноядные клопы.

Перепончатокрылые представлены немногочисленными и паразитарными формами – хальцидами. Относительно многочисленными одиночными пчелы и разнородные виды муравьев. Видовой состав группы антофилов практически одинаков на всех площадях, но численность их особей сокращается у стен завода (участок № 1) более чем в 3 раза. Фитофаги с колюще-сосущим ротовым аппаратом незначительны по видовому спектру, причем самые низкие показатели их присутствия выявлены на участках № 4 и № 5 (5,9–7,7 %), более всего их выявлено на участке № 2–8 в (17,4 %). По количеству особей в ловушках самая низкая их численность отмечена на участке № 1 вблизи завода (в 5 раз меньше, чем на остальных пробных площадях). Наиболее уязвимы к газопылевым эмиссиям заводов насекомые с грызущим типом ротового аппарата, потребляющие растительную пищу с осаждаемой на ней химическими загрязнителями.

Таблица 2

Состав хортобионтов по способам питания на пробных площадях степного Крыма

№ участка	1		2		3		4		5	
	Кол.	%	Кол.	%	Кол.	%	Кол.	%	Кол.	%
Экогруппы по способу питания										
Антофилы	5	21,7	5	10,9	5	12,5	1	5,9	6	15,4
Фитофаги, питающиеся соком растений	2	8,7	8	17,4	6	15,0	1	5,9	3	7,7
Фитофаги (ротовой аппарат грызущего типа)	8	34,8	24	52,1	20	50,0	12	70,6	18	46,1
Зоофаги	8	34,8	9	19,6	9	22,5	3	17,6	12	30,8
Итого	23	100	46	100	40	100	17	100	39	100

На участке № 1 уменьшение их видового спектра отмечено в 2,5–3 раза по сравнению с пробными площадями № 2 и № 3 в 10-ти километровой промзоне. По доле участия их в структуре хортобионтов по участкам снижение идет с 50,0–52,1 %

БИОИНДИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ СТЕПНОГО КРЫМА...

до 34,8 % соответственно, а общая численность по особям каждого вида снижается в 1,5 раза. Напротив, на контроле (№ 4) эти показатели самые высокие (70,6 %) от всего видового состава. Доля зоофагов в спектре форм питания по всем участкам меняется незначительно (8–12 видов) с минимальным их участием в заповедной степи.

Проанализируем по видовому составу представленность мезофауны пробных площадей степного Крыма (таблица 3).

Таблица 3
Видовой состав мезофауны пробных площадей степного Крыма

№ участка	1		2		3		4		5	
	Кол.	%	Кол.	%	Кол.	%	Кол.	%	Кол.	%
Семейства	0	0	0	0	3	15,0	4	16,0	3	16,6
Oligocheta	0	0	0	0	3	15,0	4	16,0	3	16,6
Chilopoda	0	0	1	6,2	1	5,0	1	4,0	1	5,6
Diplopoda	0	0	0	0	0	0	1	4,0	1	5,6
Insecta	4	50,0	5	31,4	5	25,0	6	24,0	5	27,7
Scarabaeidae	0	0	1	6,2	1	5,0	1	4,0	0	0
Cerambycidae	0	0	0	0	1	5,0	1	4,0	1	5,6
Elateridae	0	0	1	6,2	3	15,0	2	8,0	1	5,6
Tenebrionidae	0	0	1	6,2	1	5,0	2	8,0	1	5,6
Alleculidae	0	0	2	12,6	0	0	0	0	0	0
Chrisomelidae	0	0	1	6,2	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	0	0	1	6,3	0	0	1	4,0	0	0
Diptera	2	25,0	1	6,2	1	5,0	3	12,0	2	11,1
Lepidoptera	2	25,0	2	12,6	4	20,0	3	12,0	3	16,6
Итого	8	100	16	100	20	100	25	100	18	100

На пробной площади вблизи источников эмиссий (участок № 1) самая малочисленная группа по фаунистическому разнообразию представлена всего 2 отрядами: Diptera и Lepidoptera. По мере удаления от источника химических загрязнений существенно меняется спектр хортобионтов как по видовому, так и по количественному составу. Например, на участке № 2 – количество видов возрастает до 16, а собранных экземпляров до 2609 экз. Удаление всего на 3 км от стен завода ведет к удвоению видового разнообразия – до 32 видов, которые являются представителями уже 10 семейств. На участке № 3 – удаление на 8 км от источников химических выбросов также растёт фаунистическое разнообразие – до 42 видов преимущественно за счет представителей отряда Lepidoptera. Самые бедные по представленности видами – это семейства Tenebrionidae и Chrisomelidae, выявлены их особи в пробах только на втором участке. Наиболее часто встречаются прямокрылые и разнокрылые, что связано с более густым травостоем на контрольной площади № 4. В 10-ти километровой промзоне чаще встречаются представители семейства шелкоунов: *Agriotes (A) sputator* (Linnaeus), *Ag. (A) lineatus* (Linnaeus), *A. (A) gurgistanus* (Faldermann) среди которых

доминирует последний – вредитель сельского хозяйства. В почве и подстилки из отряда жесткокрылых встречаются личинки насекомых из семейств Elateridae, Tenebrionidae, Scarabaeidae и Cerambycidae: *Dicronychus atricapillus* (Germar), *Synaptus filiformis* (Fabricius), *Melanotus (M) fusciceps* (Gyllenhal), *Pimelia (C) subglobosa* Pallas, *P. obtusa* (Fabricius), *Crypticus (C) quisquilius* (Linna.), *Tenebrio obscurus* Fabricius, *Odocnemis (H) perplexus* (Menetr), *Rhamnusium testaceipenne* Pic, *Pyrrhidium sanguineum* (Linnaeus), *Echinocerus floralis* (Pallas), *Chlorophorus sartor* (Muller) и др.

Дождевые черви наиболее чувствительны к промышленному загрязнению почвы и вблизи завода вообще не встречаются. На участке № 3 выявлены 3 вида: *Lumbricus terrestris* L., *Nicodrilus dubiosus* L., *N. caliginosus* Sav. в почвенном горизонте 0–30 см, причем наиболее многочисленные особи (4 экз./м²) последнего вида в весенних пробах, снижаясь в летний период до 1,3 экз./м², что обусловлено температурным режимом и низкой влагообеспеченностью верхних слоев почвы (полевая влажность падает до 15–18 %). Отсутствие выпаса, хорошо развитый травостой и мощная подстилка являются ведущими факторами видового и численного многообразия группы хортобионтов на участке № 4 (таблица 3). Здесь также многочисленны жесткокрылые, встречаются редкие виды подсемства Bruchinae из семества листоедов и Vupristidae, которые не выявлены в пробах на других территориях. Среди мезофауны на наиболее удаленных от заводов участках № 4 и № 5 преобладают подстилочно-почвенные зоофаги родов: *Calosoma* Web. и *Pteros* Bon., относящимся к гемикриптобионтам, численность их в сумме достигает в летний период 42,6 экз./м². Встречаются личинки Tenebrionidae, представленные видами *Dendarus punctatus* Serv., *Opatrum sabulosum* L., *Blaps letifera* F. Среди почвообитающих личинок наиболее часто встречаются представители двукрылых, семейства лжежукотых (Therevidae) и чернотелок подсемейства Alleculidae. Виды из семейства Tipulidae (Diptera) обнаружены только здесь в верхнем слое почвы и активно участвуют в формировании гумусового слоя [28]. Следует также отметить высокую численность видов семейства Asilidae – хищников, питающихся почвообитающими беспозвоночными.

Анализ экологической структуры хортобионтов выглядит следующим образом (Рис. 1). По трофической специализации среди почвенно-зоологического комплекса доля зоофагов вблизи предприятия составляет на участках № 1 и № 2 – 62,5–47,4 %, причем хищники неспециализированные представлены жуками и двукрылыми (*Pterostichus cupreus* L., *Pt. melanarius* L., *Amara consularis* Duft., *A. fulva*).

Доминирование их над миксофитофагами и сапрофагами – характерный признак разбалансированности экосистемы. Напротив, на наиболее удаленных от источника промышленных эмиссий двух участков преобладают зоофаги (48,2–48,4 %), второе место занимают фитофаги (25,9–27,5 %), значимость сапрофагов резко снижается до полного их выпадения вблизи завода.

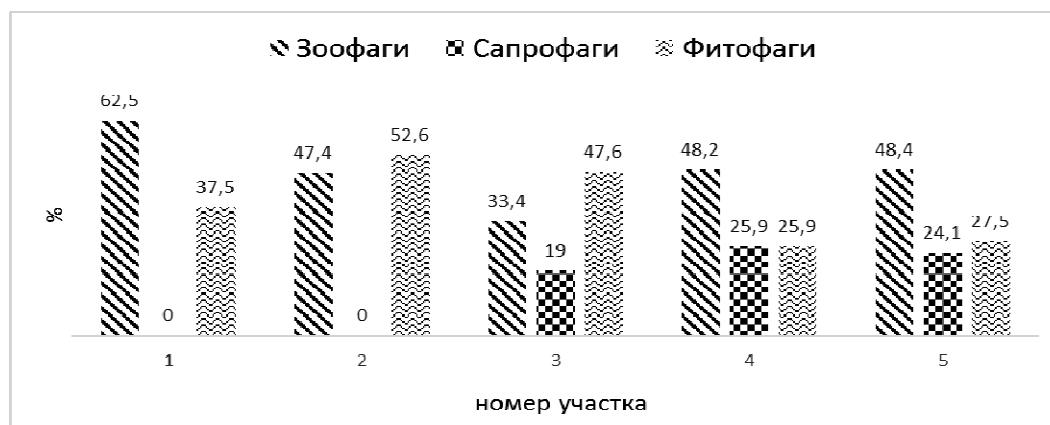


Рис. 1. Трофические группы в почвенно-зоологическом комплексе на пробных площадях степного Крыма (%).

Биомасса почвенных беспозвоночных существенно колеблется по сезонам и горизонтам почвы с учетом степени антропогенного загрязнения территорий. Но общая тенденция сохраняется – с увеличением расстояния от источника химических эмиссий повышается биомасса почвенной мезофауны от 0,759 до 2,404 г/м² весной (участки № 1–5), летом и осенью 0,113–1,182 г/м² и 0,283–0,979 г/м² соответственно. Биомасса этой группы уменьшается за счет вертикальной миграции и перехода в имагинальную фазу развития ряда видов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных комплексных исследований было установлено, что структура растительности и энтомокомплекса естественных экосистем выступают хорошими биологическим индикаторами, выявляющими существенные нарушения морфологических параметров биогеоценозов степного Крыма, ослабляя их устойчивость и активизируя процессы деградации под влиянием техногенных загрязнений. Показатели сезонной динамики фитомассы и биомассы почвенных беспозвоночных также можно использовать с целью выявления эдафической принадлежности этих сообществ, что подтверждает правомерность использования этих подходов. Качественный и количественный состав, определенный набор доминантов, соотношение биоморф растений и фауны герпетобия обусловлены зональными особенностями этих компонентов, что позволяет выявлять общие закономерности при раскрытии их сукцессионных перестроек, четко свидетельствуя о разбалансированности и уязвимости природных экосистем степного Крыма под техногенным воздействием.

Список литературы

1. Мордкович В. Г. Судьба степей / В. Г. Мордкович, А. М. Гиляров, А. А. Тишков, С. А. Баландин – Новосибирск: Мангазея, 1997. – 208 с.

2. Сажнев А. С. Жесткокрылые сем. Helerozeridae (Insecta: Coleoptera) в экстремальных условиях / А. С. Сажнев // Трансформация экосистем. – 2020. – Т.3, № 2 (8). – С. 84–93.
3. Ярошенко В. Л. Жуки-листоеды естественных и антропогенных экосистем Северного Кавказа : автореферат дис. докт. биол. наук. / В. Л. Ярошенко. – М., 1994. – 40 с.
4. Ивашов А. В. Оценка разнообразия флоры и фауны биогеоценозов Крымского Присивашья / А. В. Ивашов, В. М. Громенко, В. Б. Пышкин // Экология и ноосферология. – 2010. – Т.21, № 1-2. – С. 19–26.
5. Пышкин В. Б. К анализу биологического разнообразия мелойдофауны (Insecta: Meloidae) основных экоцентров региональной экологической сети Крыма / В. Б. Пышкин, В. Г. Кобечинская // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 2. – С. 195–203.
6. Dormaar J. F. Vegetation and soil responses to short-duration grazing on fescue grasslands / J. F. Dormaar, S. I. Smoliak, W. D. Willms // Journal of range management. – Wyoming – 1989. – Vol. 50, No. 3. – P. 252–256.
7. Подсвинова К. А. Насекомые как объект биоиндикации / К. А. Подсвинова, Д. Г. Смирнова, Е. А. Чернова // Молодой ученый. – 2019. – № 47 (285). – С. 160–161.
8. Bock C. E. Cover of perennial grasses in southeastern Arizona in relation to livestock grazing / C. E. Bock // Conservation biology. – Boston. – 1993. – Vol. 7, No. 2. – P. 371–377.
9. Stephenson G. R. Recovery of compacted soil on pastures used for winter cattle feeding / G. R. Stephenson, A. T. Veigel // Journal of range management. – New York. – 2005. – Vol. 40, No.1. – P. 46–48.
10. Неверова О. А. Опыт использования биоиндикаторов в оценке загрязнения окружающей среды: аналит. обзор / О. А. Неверова, Н. И. Еремеева. – Новосибирск: Ин-т экологии человека, 2006. – 288 с.
11. Багрикова Н. А. Современное состояние растительного покрова Крымского Присивашья и перспективы охраны / Н. А. Багрикова // Современное состояние Сиваша. – Киев: Wetland International – АЕМЕ, 2007. – С. 27–37.
12. Николаев Е. В. Естественные пастбища Крыма / Е. В. Николаев, А. В. Ена, М. М. Мельников. – Симферополь, 2010. – 140 с.
13. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июля 2014 г. № 1398-р «Перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов), в которых имеются риски ухудшения социально-экономического положения». – Режим доступа: <http://41d4f68fb74d798eae71.pdf> (government.ru). (Дата обращения 13.02. 2022).
14. Воронов А. Г. Геоботаника / А. Г. Воронов – М.: МГУ, 1990. – С. 71–154.
15. Ипатов В. С. Описание фитоценоза: методические рекомендации / В. С. Ипатов, Д. М. Мирин – СПб.: СПб гос. ун-т, 2008. – 71 с.
16. Титлянова А. А. Изучение биологического круговорота в биогеоценозах / А. А. Титлянова // Методическое руководство. – Новосибирск: Наука, 1971. – 136 с.
17. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). / С. К. Черепанов – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
18. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. / Л. А. Воробьева – М.: МГУ. – 1998. – 272 с.
19. Фасулати К. К. Полевое изучение насекомых беспозвоночных / К. К. Фасулати – М.: Высшая школа, 1971. – С. 16–73.
20. Гиляров М. В. Методы почвенно-зоологических исследований / М. В. Гиляров – М.: Наука, 1975. – С. 12–55.
21. Фокина М. Е. Методы полевых зоологических исследований: учебное пособие / М. Е. Фокина, Ю. Л. Герасимов – Самара: Изд. Самарского гос. ун-та, 2018. – 92 с.
22. Шмойлова Р. А. Общая теория статистики: учебник / Р. А. Шмойлова – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.
23. Шалыт М. С. К вопросу о существовании “полюнных степей” на юге Украины и в северном Крыму / М. С. Шалыт // Бюл. МОИП. – 1948. – Отд. биол. Т. 53, Вып. 6. – С. 53–66.
24. Дзен-Литовская Н. Н. Почвы и растительность степного Крыма / Н. Н. Дзен-Литовская. – Л.: Наука, 1970. – 156 с.
25. Драган Н. А. Почвы Крыма / Н. А. Драган. – Симферополь: ТНУ, 2005. – 95с.

26. Кобечинская В. Г. Постпастбищная демутиация в опустыненных степях равнинного Крыма с учетом интенсивности пасквальной нагрузки / В. Г. Кобечинская // Ученые записки КФУ Серия. Биология. Химия. – 2018. – Т. 4 (73). – С. 79–96.
27. Нестеренко В. П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма / В. П. Нестеренко // Научные ведомости: Естественные науки. – 2016. – Вып. 36, № 18. – С. 2–39.
28. Стриганова Б. Р. Функциональная характеристика сапрофильного комплекса беспозвоночных в наземных экосистемах / Б. Р. Стриганова // Проблемы и методы биологической деструкции органических веществ в почве естественных биогеоценозов и агроценозов. – Львов. – 1982. – С. 12–15.

BIOINDICATION OF NATURAL ECOSYSTEMS OF THE STEPPE CRIMEA BY VEGETATION AND ENTOMOCOMPLEX TAKING INTO ACCOUNT THE IMPACT OF INDUSTRIAL EMISSIONS

Kobechinskaya V. G.¹, Pyshkin V. B.^{1,2}

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

²*Branch of Moscow State University M. V. Lomonosov in Sevastopol, Sevastopol, Russia*

E-mail: valekohome@mail.ru

The purpose of our research was to identify the effect of aerosol pollutants from industrial emissions from plants near the Sivash region of the steppe Crimea on the leading components of natural steppe ecosystems. To do this, permanent trial plots were established, located at different distances from the territory of these enterprises, taking into account the wind rose (from 200 m to 80 km). A comparative analysis of sample plots by floristic composition revealed that the closer to the plant, the poorer this spectrum (reduction from 75 to 23 species). The total projective cover almost halved, therefore, the assimilation apparatus is also reduced, which affects both the decrease in the biological productivity of vegetation and the faunistic diversity of chortobionts. The composition of biormorphs is significantly depleted, if in plots No. 4 and No. 5 polycarpic species dominate (52.3–58 %), then in sample plots No. 1 and No. 2, annuals and monocarpics, mainly weeds, dominate. Semi-shrubs, significant in the petrophytic variant of the real steppe (plot No. 5) – 10 %, completely fall out in a ten-kilometer industrial zone. Another feature of the influence of industrial emissions is that there are no species with an occurrence of more than 60 % in plots Nos. 1-3. Violents, which ensure the stability of the composition of vegetation, are absent or very rare near the plant, which indicates an imbalance in the structure of these biogeocenoses; explerents dominate here.

Vegetation productivity analysis revealed the following trends. Cereals (16.0–40.5 %) and herbs (9.3–12.8 %) dominate in terms of the ratio in phytomass, except for plot No. 1, where the latter group is only 1.8 %. In total, rags and bedding in the control (plot No. 4) significantly exceeds the phytomass (71.5–79.3 %) in the seasons of the year, but this figure sharply decreases near the plant. In the industrial zone, bedding is 1.5 times smaller than rags, i.e. here the process of dying off of phytomass and its transition to rags goes much faster than mineralization, therefore, here the humus values are the lowest. With

distance from the plant, taking into account the weakening of emissions to vegetation, the death of phytomass and its transition to rags slows down and the weight of the litter significantly exceeds rags. In general, the productivity of phytomass in all areas, except for the reserved one (13.5 ± 1.2 c/ha), even during the period of maximum development of the herbage, is low (4.2–10.7 c/ha), but an increase in this parameter is still clearly visible, as they move away from the source of industrial pollution.

The established tendencies of vegetation degradation in steppe ecosystems under the influence of aerosols from the industrial zone of the city of Armyansk are also confirmed by the performed studies of the distribution of the spectrum of the entomocomplex in the same territories. Near the plant (site No. 1), their depleted composition was noted – 23 species. Phytophages, characteristic of steppe ecosystems, such as orthopterans, completely disappear, herbivorous bugs are found sporadically. Hymenoptera are represented by a few and parasitic forms – chalcids. Relatively numerous solitary bees and polyphagous ant species. The species composition of the anthophylls group is practically the same in all areas, but the number of their individuals decreases near the walls of the plant (plot No. 1) by more than 3 times. Phytophages with piercing-sucking mouthparts are insignificant in terms of species spectrum, and the lowest indicators of their presence were found in plots No. 4 and No. 5 (5.9–7.7 %), most of all they are found in plot No. 2–8 in (17.4 %). In terms of the number of individuals in traps, their lowest number was also noted in the area near the plant (5 times less than in the rest of the sample plots). The most vulnerable to gas and dust emissions from factories are insects with a gnawing type of mouth apparatus, which consume plant food with chemical pollutants deposited on it. The proportion of zoophages in the spectrum of food forms in all areas varies slightly (8–12 species) with their minimal participation in the protected steppe. As we move away from the source of chemical pollution, the spectrum of hortobionts changes significantly both in terms of species and quantitative composition. So, only 8 species, represented by only 3 families, were found near the walls of the plant. A distance of 3 km from the source of emissions leads to a doubling of the species diversity to 16 species, which are already representatives of 10 families. At site No. 3, which is 8 km away from chemical emissions, faunal diversity grows - up to 20 species, mainly due to the family *Lepidoptera*. The representatives of the family drop out. *Alleculidae*, *Chrisomelidae*, *Hemiptera*, but species from the *Oligocheta* family appear in the traps, retaining their species composition in other sample plots. Among the soil-dwelling larvae of *Diptera*, representatives of the fam. *Therevidae*, *Alleculidae*. Earthworms are the most sensitive to industrial soil pollution and are not found near the plant at all. Among the mesofauna in the most remote from the plants areas No. 4 and No. 5, litter-soil zoophages related to hemicryptobionts predominate, and their total number reaches 42.6 ind./m² in summer. *Tenebrionidae* larvae are also found, represented by the species *Dendarus punctatus* Serv., *Opatrum sabulosum* L., *Blaps letifera* F. Among soil-dwelling dipteran larvae, representatives of the families *Therevidae* and *Alleculidae* are most often noted. In terms of trophic specialization among the soil-zoological complex, the share of zoophages near the enterprise is 62.5–47.4 % in plots No. 1 and No. 2, and non-specialized predators are represented by ground beetles and *Diptera*. Their dominance over mixophytophages and saprophages is also a characteristic sign of ecosystem

imbalance. On the contrary, in the two areas most distant from the source of industrial emissions, zoophages prevail (48.2–48.4 %), phytophages occupy the second place (25.9–27.5 %), the significance of saprophages sharply decreases until they completely disappear from samples near factory.

The biomass of soil invertebrates fluctuates significantly by seasons and soil horizons, taking into account the degree of anthropogenic pollution of territories. But the general trend remains – with increasing distance from the source of chemical emissions, the biomass of soil mesofauna increases from 0.759 to 2.404 g/m² in spring (sites No. 1–5), in summer and autumn 0.113–1.182 g/m² and 0.283–0.979 g/m², respectively.

Thus, as a result of the comprehensive studies, it was found that the structure of vegetation and the entomocomplex of natural ecosystems act as good biological indicators that reveal significant violations of the morphological parameters of the biogeocenoses of the steppe Crimea, weakening their stability and activating degradation processes under the influence of technogenic pollution.

Keywords: structure of biogeocenoses, entomocomplex, vegetation productivity, soil mesofauna biomass, industrial emissions, Sivash region, Crimea.

References

1. Mordkovich V. G., Gilyarov A. M., Tishkov A. A., Balandin S. A., *The fate of the steppes*, 208 (Mangazeya, 1997).
2. Sazhnev A. S. Coleoptera fam. Heleroceridae (*Insecta: Coleoptera*) under extreme conditions, *Ecosystem Transformation*, **3**, 2(8) 84 (2020).
3. Yaroshenko V. L. Leaf beetles of natural and anthropogenic ecosystems of the North Caucasus, *Abstract... dis. doc. biol sciences*, 40 (1994).
4. Ivashov A. V., Gromenko V. M., Pyshkin V. B., *Ecology and noospherology*, **21**, 1-2, 19 (2010).
5. Pyshkin V. B., Kobechinskaya V. G. On the analysis of the biological diversity of the meloid fauna (*Insecta: Meloidae*) of the main ecocenters of the regional ecological network of Crimea, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Series. Biology. Chemistry*, **6 (72)**, 2, 195 (2020).
6. Dormaar J. F., Smoliak S. I., Willms W. D. Vegetation and soil responses to short-duration grazing on fescue grasslands, *Journal of range management*, **50**, 3, 252 (1989).
7. Podsvirova K. A., Smirnova D. G., Chernova E. A. Insects as an object of bioindication, *Young scientist*, **47 (285)**, 160 (2019).
8. Bock C. E. Cover of perennial grasses in southeastern Arizona in relation to livestock grazing, *Conservation biology*, **7**, 2, 371 (1993).
9. Stephenson G. R., Veigel A. T. Recovery of compacted soil on pastures used for winter cattle feeding, *Journal of range management*, **40**, 1, 46 (2005).
10. Neverova O. A., Eremeeva N. I. *Experience of using bioindicators in assessing environmental pollution: analyt. review*, 288 (Institute of Human Ecology, 2006).
11. Bagrikova N. A. The current state of the vegetation cover of the Crimean Sivash region and the prospects for protection, *Modern state of Sivash*, 27 (Wetland International – AEME, 2007).
12. Nikolaev E. V., Yena A. V., Melnikov M. M., *Natural pastures of Crimea*, 140 (N. Oreanda, 2010).
13. Decree of the Government of the Russian Federation dated July 29, 2014 No. 1398-r "List of single-industry municipalities of the Russian Federation (single-industry towns) in which there are risks of deterioration of the socio-economic situation." – *Electron. Dan (2014)*. Access mode: <http://41d4f68fb74d798eae71.pdf> (government.ru) Zagli. from the screen.
14. Voronov A. G. *Geobotany*, 71 (MGU, 1990).
15. Ipatov V. S., Mirin D. M. *Description of phytocenosis: guidelines*, 71 (St. Petersburg state. un-ta, 2008).

16. Titlyanova A. A. Study of the biological cycle in biogeocenoses, *Methodological guide*, 136 (Nauka, 1971).
17. Cherepanov S. K. *Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)*, 992 (World and family, 1995).
18. Vorobeva L. A. *Chemical analysis of soils*, 272 (MSU, 1998).
19. Fasulati K. K. *Field study of invertebrate insects*, 16 (Higher School, 1971).
20. Gilyarov M. V. *Methods of soil-zoological research*, 12 (Nauka, 1975).
21. Fokina M. E., Gerasimov Y. L. *Methods of field zoological research: textbook*, 92 (Ed. Samara State un-
ta, 2018).
22. Shmoylova R. A. *General theory of statistics: textbook*, 480 (Finance and statistics, 2002).
23. Shalyt M. S. On the question of the existence of "wormwood steppes" in the south of Ukraine and in the
northern Crimea Bul. MOIP, Det. biol., **53**, 6, 53 (1948).
24. Zen-Litovskaya N. N. *Soils and vegetation of the steppe Crimea*, 156 (Nauka, 1970).
25. Dragan N. A. *Soils of Crimea*, 95 (TNU, 2005).
26. Kobechinskaya V. G. Postpasture demutation in the desert steppes of the Crimean plains, taking into
account the intensity of the pasqual load, *Uchenye zapiski KFU Series. Biology. Chemistry*, **4** (73), 79
(2018).
27. Nesterenko V. P. Patterns of formation of climatic changes and their forecast on the territory of Crimea,
Scientific Bulletin: Natural Sciences, **36**, 18, 2 (2016).
28. Striganova B. R. Functional characteristics of the saprofile complex of invertebrates in terrestrial
ecosystems, *Problems and methods of biological destruction of organic substances in the soil of natural
biogeocenoses and agroocenoses*, 12 (1982).

УДК 612.062/796.011

ОСОБЕННОСТИ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ФУТБОЛИСТОВ

*Колотилова О. И.¹, Коренюк И. И.¹, Колотилова Е. А.², Бирюкова Е. А.¹,
Юкало Е. В.¹, Костылева И. И.³*

¹*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

²*ГАОУ СПО РК «Крымский медицинский колледж», Симферополь, Республика Крым, Россия*

³*МБОУ Городского округа Балашиха «СОШ №2», Балашиха, Россия*

E-mail: oyu1978@mail.ru

Углубленные знания об особенностях сенсомоторных реакций у спортсменов, а также их психофизиологические критерии позволяют скоординировать тренировочный процесс, и тем самым повысить спортивную результативность. В данной статье приведены результаты двух групп участвующих в экспериментальном исследовании. В первую (основную) группу вошли футболисты команды ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» (КФУ-2), во вторую группу (контрольную) студенты – Института Медицинская академия, регулярно занимающиеся общефизической подготовкой. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что систематические занятия спортом оказывают направленное влияние на характеристики сенсомоторных реакций испытуемых, в частности, снижают латентный период сенсомоторной реакции, увеличивают объём и переключаемость внимания и помехоустойчивость. Полученные данные могут быть использованы для контроля функционального состояния спортсменов игровых видах спорта, где быстрота и точность реагирования является важным компонентом специальных способностей.

Ключевые слова: спортсмены, сенсомоторные реакции, функциональные показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Спорт высших достижений связан с большой психической напряженностью, жесткой конкуренцией и огромными физическими нагрузками [1]. Одной из самых сложных задач для специалистов в области спорта является комплексный контроль функционального состояния спортсменов на этапе спортивной тренировки. При этом важным условием успешного тренировочного процесса является высокий уровень физической, тактической и технической подготовленности, что требует от спортсмена высокой активации сенсорных и моторных функций, психической активности, по сути, максимального вовлечения всех функциональных систем [2] в процесс спортивной тренировки. Так, наряду с параметрами сердечно-сосудистой и дыхательной систем, важное значения для прогнозирования спортивной результативности имеют показатели реактивности центральной нервной системы, такие как скорость, латентный период сенсомоторной реакции, показатели объёма и переключаемости внимания и другие.

Таким образом, целью настоящего исследования явилось изучение особенностей сенсомоторных реакций, объема и переключаемости внимания у квалифицированных футболистов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 30 испытуемых – две группы по 15 юношей 2000–2002 г.р. Основная группа включала футболистов-студентов ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет В. И. Вернадского», контрольная группа – студентов 1 и 2 курса Института Медицинская академия имени С. И. Георгиевского, занимающиеся общефизической подготовкой. Обследование проводилось на добровольной основе в соответствии с общими биоэтическими требованиями. Для исследования особенностей сенсомоторных реакций у испытуемых использовали аппаратно-программный комплекс «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт», г. Иваново) с использованием тестов «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), «Помехоустойчивость», «Реакция на движущийся объект» (РДО) «Теппинг-тест», «Таблицы Шульте-Платонова».

Статистическая обработка данных была произведена с использованием программы Statistica 10,0 с применением непараметрического критерия Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования в тесте «Простая зрительно-моторная реакция» свидетельствуют о достоверных отличиях параметров сенсомоторной реакции у квалифицированных футболистов и испытуемых, занимающихся общефизической подготовкой.

Так, при анализе латентного периода сенсомоторной реакции у футболистов были зарегистрированы более низкие значения данного показателя, чем у испытуемых, занимающихся общефизической подготовкой $206,4 \pm 21,6$ мс, а в контрольной группе $221,6 \pm 18,61$ мс при ($p \leq 0,05$).

Также необходимо отметить, что у 69 % спортсменов наблюдалась высокая скорость сенсомоторной реакции, а у 31 % – средняя скорость сенсомоторной реакции, в то время как распределение в контрольной группе было иным: 34 % - высокая скорость сенсомоторной реакции, 46 % – средняя скорость сенсомоторной реакции; 20 % респондентов имело низкую скорость реакции (рис. 1).

Из литературных данных известно, что ПЗМР характеризует элементарный вид произвольной реакции на любой зрительный стимул. Значения латентного периода ПЗМР являются интегральной характеристикой реактивности ЦНС в ответ на предъявляемый стимул [4]. Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют о более высоком потенциале ЦНС квалифицированных футболистов, выраженном в увеличении скорости дифференцировки и моторного ответа на значимый стимул. По нашему мнению, такие особенности скорости реакции у испытуемых спортсменов могут быть связаны с их профессиональной деятельностью и влиянием спортивных тренировок.

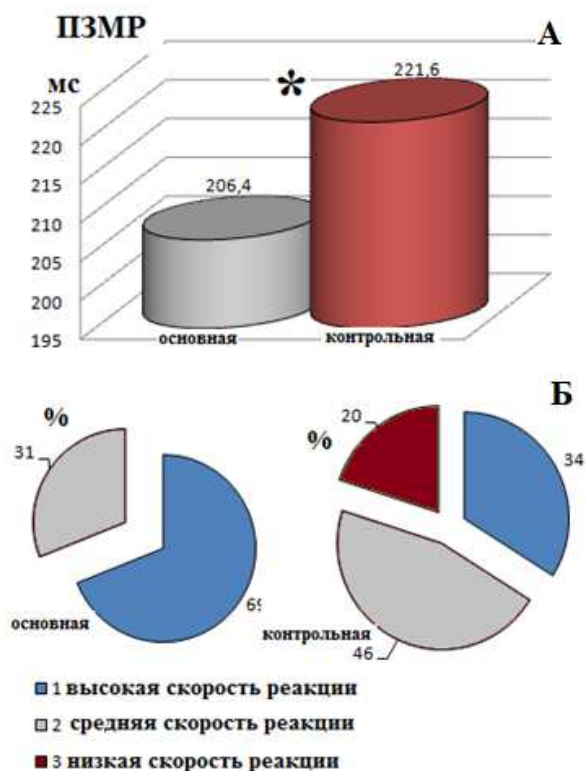


Рис. 1. Значения латентного периода сенсомоторной реакции у квалифицированных футболистов (основная группа) и испытуемых, не занимающихся спортом (контрольная группа) (А); Градация распределения латентного периода ПЗМР у испытуемых основной и контрольной группы (по И. Н. Мантрова [3]) (Б).

Примечание: * – достоверность различий $p \leq 0,05$ по критерию Вилкоксона относительно значений, полученных в контрольной группе испытуемых.

При проведении теппинг-теста (рис. 2) оценивали параметры силы нервных процессов, путем измерения динамики темпа ударов электрода по контактной пластине. Анализ данных в основной и контрольной группах прослеживает следующую закономерность: 53 % футболистов имели выпуклый тип кривой, что свидетельствует о наличии сильного типа нервной системы; 39 % ровный тип кривой, что характеризует нервную систему средней силы и 8 % имели промежуточный тип (между ровным и нисходящим) кривой, указывающий на средне-слабый тип нервной системы. В то время как распределение в контрольной группе респондентов выглядело иначе: 30 % – отнесли к сильному типу нервной системы, 51 % к средней силы нервной системы и 19 % имели средне-слабый тип нервной системы. Полагаем, что это может указывать на оптимальное сбалансированное всех психофизиологических и сенсомоторных проявлений у юношей, профессионально занимающихся футболом.

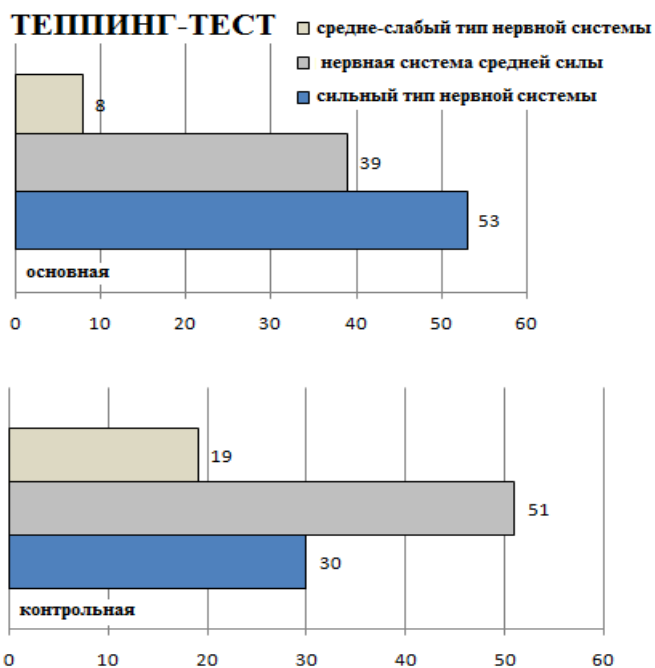


Рис. 2. Анализ силы нервных процессов при проведении тепшинг-теста в основной и контрольной группах.

С концентрацией и объемом внимания у футболистов напрямую связаны показатели эффективности тренировочной и соревновательной деятельности [5]. При проведении тестирования по изучению объема, переключаемости и распределения внимания (Таблицы «Шульте-Платонова» выявлены достоверные ($p \leq 0,02$) различия между основной и контрольной группой. Так, время прохождения в среднем в основной группе составило $35,18 \pm 6,1$ с, в то время как средний показатель в контрольной группе был $55,67 \pm 8,3$ с, рис. 3, А. Такие показатели могут свидетельствовать, о более выраженной ориентировочно-зрительной поисковой реакции, связанной с тренировочной деятельностью футболистов.

В обеих экспериментальных группах был проведен тест «Помехоустойчивость», который отражает способность сопротивляться воздействию фоновых признаков (помех) при восприятии, какого-либо объекта. В данном контексте помехи понимаются, как различные зрительные стимулы, которые мешают выполнению заданной работы. В основной группе среднее значение времени реакции составило $301,9 \pm 25,3$ мс, в то время как в контрольной группе, этот показатель был выше и составил $310,8 \pm 13,6$ мс, $p \leq 0,02$, что свидетельствует о высокой степени помехоустойчивости у спортсменов (рис. 3, Б). Из литературных источников известно [6], что помехоустойчивость одно из наименее тренируемых свойств организма. Однако, очень необходимое качество для успешной соревновательной деятельности спортсменов. Вероятно, в процессе

многолетней тренировки в коре больших полушарий у спортсменов формируется мощная рабочая доминанта способная включать наиболее важные для работы нервные центры необходимые для решения поставленной задачи. Такая система не разрушается при посторонних раздражениях, а наоборот усиливается на их фоне.

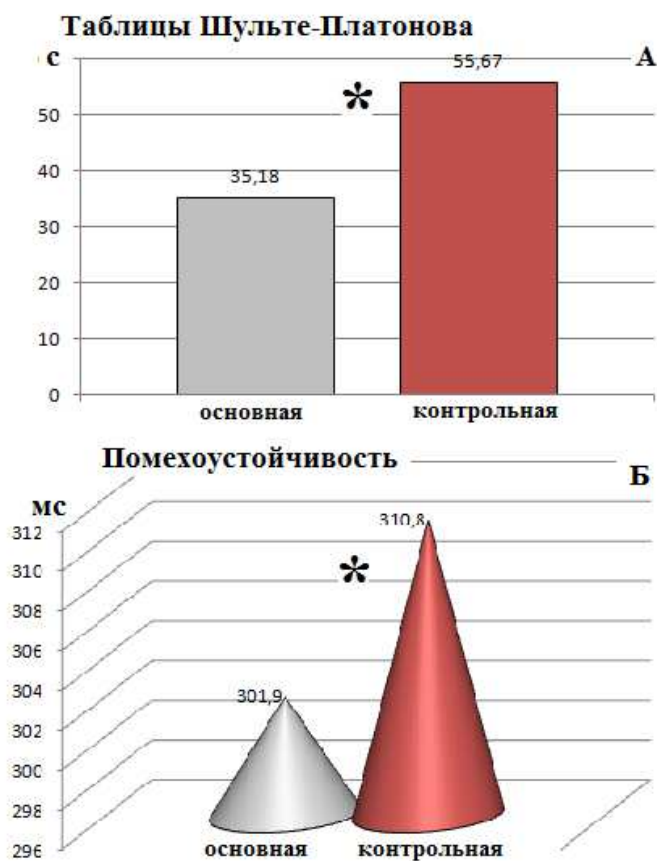


Рис. 3. Тестирование процессов внимания с применением таблиц Шульте-Платонова в основной и контрольной группе (А); Применение теста «Помехоустойчивость» в основной и контрольной группе (Б);
Примечание: * – достоверность различий $p \leq 0,02$ по критерию Вилкоксона относительно значений, полученных в контрольной группе испытуемых.

При проведении методики «Реакция на движущийся объект» предназначенной для измерения уравновешенности нервных процессов нами оценивалось опережение», «совпадение», «запаздывание» реакции, т.е. степени сбалансированности процессов возбуждения и торможения по силе. Было установлено, что в основной группе у футболистов среднее время реакции составляло $(-2,04 \pm 0,9$ мс) число опережений превышало число запаздываний, количество точных реакций составило 55 % в то время как в основной группе, время

реакции составило $0,54 \pm 0,1$ мс, число запаздываний превышало количество опережений, число точных реакций составило 31 % ($p \leq 0,01$) (рис. 4).

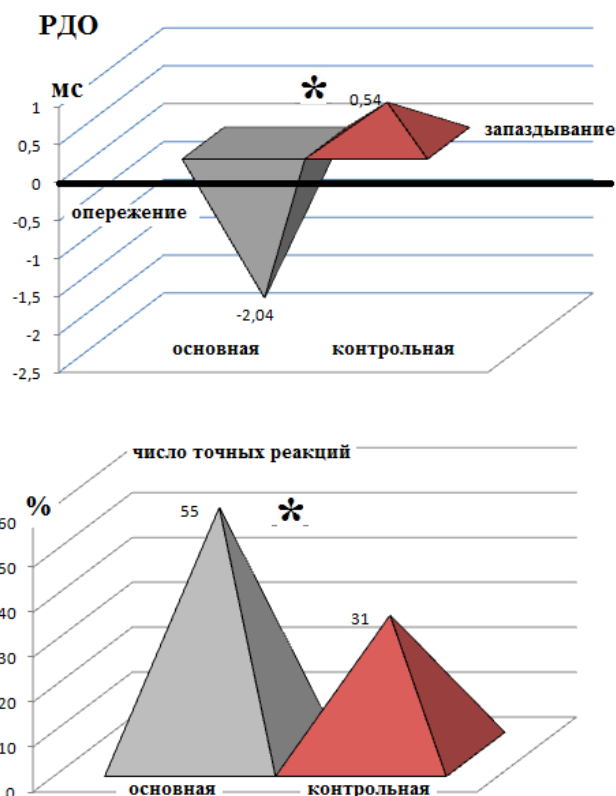


Рис. 4. Графическое представление результатов теста «Реакция на движущийся объект в основной и контрольной группе.

Примечание: * – достоверность различий $p \leq 0,01$ по критерию Вилкоксона относительно значений, полученных в контрольной группе испытуемых.

Исходя из полученных данных, логично предположить, что систематические занятия футболом позитивно влияют на эффективность сенсомоторных реакций, формирует психофизиологическую устойчивость к соревновательному стрессу, способствует оптимизации нервно-психического напряжения и эмоциональной устойчивости спортсменов, тем самым улучшая общую физическую работоспособность, и в целом благоприятно отражается на их соревновательной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что систематические занятия спортом оказывают направленное влияние на

характеристики сенсомоторных реакций испытуемых, в частности, снижают латентный период сенсомоторной реакции, увеличивают объём и переключаемость внимания и помехоустойчивость. Полученные данные могут быть использованы для контроля функционального состояния спортсменов игровых видов спорта, где быстрота и точность реагирования является важным компонентом специальных способностей.

Исследование выполнено на базе научно-клинического центра "Технологии здоровья и реабилитации". Поддержано Программой развития ФГАОУ ВО "КФУ имени В. И. Вернадского", "Приоритет 2030" проект № М/2021/2.

Список литературы

1. Чарыкова И. А. Динамика психофизиологических показателей спортсменов на разных этапах подготовки / И. А. Чарыкова // Военная медицина – 2009. – № 3. – С. 133–136.
2. Таймазов В. А. Психофизиологическое состояние спортсмена (Методы оценки и коррекции) / В. А. Таймазов, Я. В. Голуб. – СПб.: Издательство "Олимп СПб", 2004. – 400 с.
3. Мантрова И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И. Н. Мантрова – ООО Нейрософт, 2007. – 216 с.
4. Нехорошкова А. Н. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях (обзор) / Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В., Депутат И. С. // Журнал медико-биологических исследований. – 2015. – №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sensomotornyereaksiiv-psihofiziologicheskikh-issledovaniyah-obzor> (дата обращения: 17.06.2018).
5. Болгов В. Н. Использование времени двигательной реакции для определения психологических особенностей бадминтонистов / Болгов В. Н. и др. // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2018. – №. 1 (155). – С. 42–46.
6. Озеров В. П. Психомоторные способности человека / В. П. Озеров. – Дубна: Феникс, 2002. – 320 с.

FEATURES OF SENSORIMOTOR REACTIONS IN QUALIFIED FOOTBALL PLAYERS

Kolotilova O. I.¹, Koreniuk I. I.¹, Kolotilova E. A.², Biryukova E. A.¹, Yukalo E. V.¹, Kostyleva I. I.³

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

²*State Educational Institution of Professional Education "Crimean Medical College", Simferopol, Republic of Crimea, Russia*

³*Balashikha Municipal Educational Institution of the Urban District "Secondary School № 2", Balashikha, Russia*

E-mail: oxy1978@mail.ru

One of the most difficult tasks for specialists in the field of sports is the comprehensive control of the functional state of athletes at the stage of sports training. At the same time, an important condition for a successful training process is a high level of physical, tactical and technical readiness, which requires the athlete to activate sensory

and motor functions, mental activity, in fact, the maximum involvement of all functional systems, in the process of sports training. So, along with the parameters of the cardiovascular and respiratory systems, the reactivity indicators of the central nervous system, such as speed, latent period of sensorimotor reaction, indicators of volume and attention switching, and others, are important for predicting sports performance. Thus, the purpose of this study was to study the features of sensorimotor reactions, the volume and switchability of attention in qualified football players. In-depth knowledge of the features of sensorimotor reactions in athletes, as well as their psychophysiological criteria, allows you to coordinate the training process, and thereby increase athletic performance. Along with the parameters of the cardiovascular and respiratory systems, indicators of the reactivity of the central nervous system, such as speed, latent period of sensorimotor reaction, indicators of volume and attention switching, and others, are important for predicting sports performance. Thus, the purpose of this study was to study the features of sensorimotor reactions, the volume and switchability of attention in qualified football players. This article presents the results of two groups participating in the experimental study. The first (main) group included football players of the FSAU team of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University (KFU-2), the second group (control) included students of the Medical Academy Institute who regularly engage in general physical training. The results of this study indicate that systematic sports have a directed effect on the characteristics of sensorimotor reactions of the subjects, in particular, reduce the latent period of sensorimotor reaction, increase the volume and switchability of attention and noise immunity. The data obtained can be used to monitor the functional state of athletes in game sports, where speed and accuracy of response is an important component of special abilities.

Keywords: athletes, sensorimotor reactions, functional indicators.

References

1. Charykova, I. A. Dynamics of psychophysiological indicators of athletes at different stages of training, *Military medicine*, **3**, 133 (Minsk, 2009).
2. Taymazov V. A., Golub Ya. V. *Psychophysiological state of an athlete (Methods of assessment and correction)*, 400 p. (St. Petersburg: Publishing house "Olymp SPb", 2004).
3. Mantrova I. N. *Methodological guide to psychophysiological and psychological diagnostics*, 216 p. (LLC Neurosoft, 2007).
4. Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V., Deputy I. S. Sensorimotor reactions in psychophysiological research (review), *Journal of Biomedical Research*, **1**, (2015). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sensomotornyereaktsiiv-psihofiziologicheskikh-issledovaniyah-obzor> (date of reference: 17.06.2018).
5. Bolgov V. N. et al. The use of motor reaction time to determine the psychological characteristics of badminton players, *Scientific notes of the PF Lesgaft University*, **1 (155)**, 42 (2018).
6. Ozerov V. P. *Psychomotor abilities of a person*, 320p. (Dubna: Phoenix, 2002).

UDK 504.455:574.64

BIOTESTING OF QUARRY LAKES AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF DRINKING WATER SUPPLY

Kucherik G. V., Omelchuk Yu. A., Sytnikov D. M.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: sytnikov@list.ru

Quarry water quality was assessed by biotesting using microalgae *Chlorella vulgaris* Beijer and crustaceans *Daphnia magna* Straus. The results of the study of the toxicity of quarry waters are presented, indicating the safety of their use as sources of drinking water supply. Sufficiently high water quality of the considered reservoirs is connected with their origin. As a result of limestone mining, underground waters were opened, which are cleaned of impurities, being filtered by porous rocks. The possibility of using the waters of quarry lakes as an alternative source of water supply for the Sevastopol region is being considered. It is noted that the use of flooded quarry waters should be substantiated by long-term hydrogeological studies.

Keywords: quarry lakes, drinking water, biotesting.

INTRODUCTION

Crimea has experienced the problem of water shortage for a very long time [1]. In 2020, the situation with the water supply of the city of Sevastopol became critical. Insufficient rainfall and a winter with little snow led to drought. The reserves of the Chernorechensky reservoir, which provides the city with water, decreased to 22.5 million m³, which amounted to a third of its volume.

As urgent measures aimed at maintaining the water regime of the city and preventing emergencies, it was decided to use the resources of water bodies available in the region for water supply: lakes near Mount Gasforta, flooded Inkerman and Kadykovsky quarries. Previously [2, 3] the potential of mentioned quarries was studied and the possibility of their use as sources of irrigation was substantiated.

The Inkerman lime-shell quarry had been developed since 1944 for the extraction of building materials. In 1978, after blasting, the quarry began to fill with groundwater. The depth of the formed reservoir is up to 60 m, the water level is constant, the area of the water surface is about 23 thsnd. m².

The reservoir near Mount Gasforta was formed in 1977 by flooding a quarry of fluxing limestones with water due to surface and underground runoff. The development of the rock reached the level of groundwater, after which the mountain springs were opened. The reservoir has the following characteristics: the water surface area is 35 thsnd. m², the depth is up to 10 m, and the volume is more than 2,4 million m³. Its water is clean and transparent.

The Kadykovsky quarry is a multi-stage formation with ledges from 15 to 36 m wide increasing as they reach the water surface. The quarry shape is close to an oval with the

largest diameter (1.69 km) from west to east. The smaller diameter, oriented from north to south, is 0.76 km. The depth of the quarry is more than 40 m. The reservoir is replenished by underground sources, its volume is more than 5 million m³. For several decades of the last century, limestone was mined here, which was necessary to produce ferroalloys. The reason for the flooding of the Kadykovsky quarry was that it was filling with groundwater.

The purpose of current work is to determine the toxicity of quarry waters in order to assess the possibility of its use as additional sources of drinking water supply in the Sevastopol region.

MATERIALS AND METHODS

Currently, one of the most widely used methods for assessing the toxicity of natural water pollution is biotesting [4, 5]. The use of this method has several advantages over physical and chemical analysis, which often fails to detect unstable compounds or quantitatively determine ultra-low concentrations of toxicants, as well as to take into account their combined effect. Biotesting makes it possible to quickly obtain an integral assessment of toxicity at a specific point in time [6, 7]. Toxicity assessment is carried out using at least two organisms from different systematic groups. The value of a more sensitive organism found in the study is taken as the final result.

Planktonic crustaceans (*Daphnia magna* Straus) were used as the first test organism for biotesting of quarry waters [8, 9]. The assessment was carried out based on measurements of the number of crustaceans by the method of direct counting, which is based on the determination of the mortality of daphnia under the influence of toxic substances present in the test sample [10]. The criterion for acute toxicity is the death of 50 % or more of daphnia in 48 h in the test sample, provided that in the control experiment all crustaceans retain their viability.

An algologically pure culture of microalgae (*Chlorella vulgaris* Beijer) [11] for biotesting was at the stage of exponential growth. To assess the toxicity of quarry waters, the optical density of the test culture was measured. The technique is based on recording differences in the optical density of algae grown on the control medium and in the tested water samples, which may contain toxic substances [12]. The criterion for water toxicity is a decrease by 20 % or more (growth inhibition) or an increase by 30 % or more (growth stimulation) of the optical density of the algae test culture grown for 22 h.

In accordance with the methodology [10, 12], during the experiments, comparisons were made between the control and tested water samples diluted by 1 (without dilution), 3, 9, 27, and 81 times. Mathematical methods of data processing were used to evaluate the experimental results.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of assessing the toxicity of quarry water samples using crustaceans (*D. magna*) as a test organism are shown in Table 1. To determine the acute toxicity of the studied waters, the percentage of daphnia that died in the tested water (A, %) was calculated compared to the control:

BIOTESTING OF QUARRY LAKES AS AN ALTERNATIVE ...

$$A = \frac{\bar{X}_c - \bar{X}_T}{\bar{X}_c} \cdot 100\%,$$

where \bar{X}_c – number of surviving daphnia in control (average of three parallel determinations);

\bar{X}_T – number of surviving daphnia in test water (average of three replicates).

Since there was observed no death of more than 10 % of the organisms in any of the samples, there was no need to calculate the harmless dilution ratio and acute toxicity.

Table 1

**Biotesting of quarry waters using the test organisms
of crustaceans (*Daphnia magna* Straus)**

Water sample dilution, times	Inkerman quarry lake			Gasforta quarry lake			Kadykovsky quarry lake		
	X_T	\bar{X}_T	A,%	X_T	\bar{X}_T	A,%	X_T	\bar{X}_T	A,%
control	10	10.0	0	10	10.0	0	10	10.0	0
	10			10			10		
	10			10			10		
81	10	10.0	0	10	10.0	0	10	10.0	0
	10			10			10		
	10			10			10		
27	10	10.0	0	10	10.0	0	10	10.0	0
	10			10			10		
	10			10			10		
9	10	10.0	0	10	10.0	0	10	10.0	0
	10			10			10		
	10			10			10		
3	10	10.0	0	10	10.0	0	10	10.0	0
	10			10			10		
	10			10			10		
1 (without dilution)	10	9.7	3	10	10.0	0	9	9.3	7
	10			10			10		
	9			9			9		

When assessing the toxicity of quarry waters using microalgae (*Ch. vulgaris*) as a test culture (Table 2), we calculated the relative difference (%) of the average optical density for each dilution compared to the control (*I*):

$$l = \frac{(\bar{D}_c - \bar{D}_0)}{\bar{D}_c} \times 100,$$

where \bar{D}_c и \bar{D}_0 – average values of optical density in the control and in the experiment samples from four parallel determinations, respectively.

Since samples without dilutions had deviations in optical density in the form of growth suppression by more than 20 %, the toxic dilution factor (TDF) was calculated using the formula:

$$TDF = 10^{\frac{(\lg D_b - \lg D_l) \times (l_l - 0.2)}{l_l - l_b} + \lg D_l},$$

where D_b – dilution value at which the deviation index was below the toxicity criterion;

D_l – dilution value (lower) at which the deviation index was above the toxicity criterion;

l_b and l_l – the values of the indices l corresponding to these dilutions, expressed in fractions.

As D_b and D_l , that pair of the highest dilutions was used, between which there was a transition of the index l of the value of the established toxicity criterion.

The calculated values of the toxic dilution ratio for the Inkerman flooded quarry were 2.5; Lake Gasforta – 2.2; Kadykovsky flooded quarry – 2.9.

Table 2

Biotesting of quarry waters using the test organisms of microalgae (*Chlorella vulgaris* Beijer)

Water sample dilution, times	Inkerman quarry lake		Gasforta quarry lake		Kadykovskiy quarry lake	
	Optical density, \bar{D}	$l, \%$	Optical density, \bar{D}	$l, \%$	Optical density, \bar{D}	$l, \%$
control	0.155	-	0.155	-	0.155	-
1 (without dilution)	0.064	58.7	0.057	63.2	0.010	93.5
3	0.136	12.3	0.148	4.5	0.128	17.4
9	0.152	1.9	0.155	0.0	0.137	11.6
27	0.155	0.0	0.155	0.0	0.145	5.8
81	0.155	0.0	0.155	0.0	0.155	0.0

In the study of quarry waters using *D. magna* test organisms, the number of deaths in the tested samples of daphnia did not exceed 10 %, which indicates the absence of toxic

effects. The test culture *Ch. vulgaris* had higher sensitivity, however, when the test samples were diluted 3 times, the toxicity criterion was also not exceeded.

In all undiluted samples of quarry water, inhibition of the growth of *Ch. vulgaris* exceeding 20 % was observed. The relative difference in the average optical density for samples without dilution compared to the control was 93.5 % for Kadykovskiy quarry lake, 63.2 % for Gasforta quarry lake and 58.7 % for Inkerman quarry lake. Thus, the transition through the criterion of toxicity in the form of 20 % growth inhibition was between 1 and 3 times dilutions of the test water.

The calculated values of the toxic dilution ratio make it possible to rank the considered water bodies in order of increasing possible toxic effect of their waters: Inkerman quarry lake, Gasforta quarry lake and Kadykovsky quarry lake. However, already at a 3-times dilution, the tested samples of all water bodies became completely harmless.

CONCLUSIONS

The obtained results substantiate the possibility of using the quarry lakes of the Sevastopol region as a backup source of water supply for the city. Quarry water quality assessment confirmed that the samples taken are harmless when diluted 3 times and do not have an acute toxic effect on living organisms from two distant systematic groups.

Sufficiently high-water quality from the considered water bodies can be explained by their origin as a result of limestone mining. Apparently, groundwater is being cleared of impurities, while being filtered through porous rocks.

When implementing the strategic task of solving the problem of water shortage in the city of Sevastopol in the winter of 2021, the daily water intake from Kadykovsky quarry lake amounted to 15 thsnd. m³, from Gasforta and Inkerman quarry lake about 5 thsnd. m³, which made it possible to reduce the load on the Chernorechensky reservoir, which is the main source of water in the region (50 thsnd. m³/day).

It should be noted that the use of water from flooded quarries have to be justified by long-term hydrogeological studies confirming the renewability of groundwater supplying the quarry. Otherwise, the withdrawal of water can lead to the achievement of an irreplaceable level of the reservoir, swamping and death of the ecosystem of the flooded quarry lake.

References

1. Tabunshchik V. A., Kalinchuk I. V., Galkina M. V., Vlasova A. N. and Nikiforova A. A. Water shortage and water management balance in the Republic of Crimea: current values and forecast for 2030. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **839**(3), 032026 (2021), DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032026
2. Jawecki B., Kowalczyk T. and Feng Ye. The Evaluation of the possibility to use the water from quarry lakes for Irrigation. *Journal of Ecological Engineering* **20**(9), 188 (2019), DOI: 10.12911/22998993/112490
3. Seelen L., Teurlinx J., Bruinsma J. and Huijsmans T. M. F. The value of novel ecosystems: Disclosing the ecological quality of quarry lakes. *Science of The Total Environment*, **769**, 144294 (2021), DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144294

4. Kuczynska A., Wolska L., and Namiesnik J. Application of Biotests in Environmental Research. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, **35**, 135 (2005), DOI: 10.1080/10408340500207524
5. Goncharuk V. V., Pleteneva T. V., Rudenko A. V., Syroeshkin A. V., Kovalenko V. F., Uspenskaya E. V., Saprykina M. N. and Zlatskiy I. A. Basic principles of comprehensive biotesting of drinking water and point system classification of water quality. *Journal of Water Chemistry and Technology*, **40(1)**, 35 (2018), DOI: 10.3103/S1063455X1801006X
6. Stravinskene E. S., Subbotin M. A., Grigoriev Yu. S., Shashkova T. L. and Sorokina G. A. The effect of the ratio of the medium volume and the number of organisms on the results of toxicological experiments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **315**, 042033 (2019), DOI: 10.1088/1755-1315/315/4/042033
7. Boitsenyuc L. I., Suslov S. V., Gruzdev V. S., Krivosheya B. S. and Khrustaleva M. A. Development of biotesting method for water quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **867**, 012034 (2021), DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012034
8. Braginskiy L. P. Methodological aspects of toxicological biotesting on *Daphnia magna* Str. and other cladocerans: a critical review. *Hydrobiological Journal*, **36(5)**, 50 (2002), DOI: 10.1615/HydrobJ.v38.i1.30
9. Sakai M. Chronic toxicity tests with *Daphnia magna* for examination of river water quality. *Journal of Environmental Science and Health*, **36(1)**, 67 (2001), DOI: 10.1081/PFC-100000917
10. *Methodology for measuring the amount of daphnia (Daphnia magna Straus) to determine the toxicity of drinking, fresh natural and waste waters, water extracts from soils, soils, sewage sludge, production and consumption waste by the direct counting method (Moscow)*, 39 (2014).
11. Czaplicka-Kotas A., Lodowska J. Biomonitoring of surface water by synchronous culture of *Chlorella vulgaris* algae. *Environment Protection Engineering*, **40**, 29 (2014), DOI: 10.5277/epe140403
12. *Methodology for measuring the optical density of the culture of the chlorella (Chlorella vulgaris Beijer) algae to determine the toxicity of drinking, fresh natural and waste water, water extracts from soils, soils, sewage sludge, production and consumption waste (Moscow)*, 38 (2014).

Кучерик Г. В. Биотестирование обводнённых карьеров как альтернативного источника питьевого водоснабжения / Г. В. Кучерик, Ю. А. Омельчук, Д. М. Сытников // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2022. – Т. 8 (74), №2. – С. 87–92.

Качество карьерных вод оценивали с помощью биотестирования с использованием микроводорослей *Chlorella vulgaris* Beijer и ракообразных *Daphnia magna* Straus. Представлены результаты исследования токсичности карьерных вод, свидетельствующие о безопасности их использования в качестве источников питьевого водоснабжения. Достаточно высокое качество воды рассматриваемых водоемов связано с их происхождением: в результате добычи известняка вскрылись подземные воды, которые очищаются от примесей, фильтруясь пористыми породами. Рассматривается возможность использования вод обводнённых карьеров в качестве альтернативного источника водоснабжения Севастопольского региона. Отмечено, что использование вод затопленных карьеров должно быть обосновано многолетними гидрогеологическими исследованиями.

Ключевые слова: карьерные озера, питьевая вода, биотестирование.

УДК 796.01:612

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕННЫХ, РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЭТНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, УСЛОВИЙ ОБУЧЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТУДЕНТОВ

Михайлова С. В.

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

В работе представлены результаты исследования о влиянии на физическое развитие (ФР) студентов различных факторов. Выявили, что за 30-летний период (1987–2021 гг.) у студентов увеличились показатели длины тела и гемодинамики, при этом снизились масса тела и мышечная сила рук. Сравнительный анализ ФР между периодами обучения по традиционным и дистанционным формам выявил у студентов снижение функциональных показателей, повышение массы тела на фоне снижения параметров гемодинамики, что в целом привело к снижению уровня физического здоровья. В ходе сравнительного анализа показателей тотальных размеров тела юношей и девушек различных областей России определили региональные особенности, свидетельствующие об ускоренном ФР молодежи из мегаполисов по сравнению с периферийными областями, где молодежь позже достигает дефинитивной зрелости. Также показано влияние этнического фактора на примере динамики показателей длины и массы тела юношей и девушек Чувашской республики. Выявленные особенности современной молодежи подтверждают создание региональных нормативов ФР, которые были разработаны в ходе исследования для студентов Нижегородской области возрастно-половых групп от 17 до 21–25 лет на основе центильного метода.

Ключевые слова: студенты, физическое развитие, физическое здоровье, мониторинг, нормативы, факторы влияния, сравнительный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Современные студенты – это особая социальная группа населения, объединенная определенными возрастными границами (17–25 лет) и отличающаяся интенсивностью умственного труда в процессе профессионального обучения, специфичным образом жизни и менталитетом [1, 2].

Здоровье студента является индикатором условий обучения, образа жизни и досуга молодежи. Хорошее индивидуальное здоровье является предпосылкой к активности, необходимым условием реализации жизненной программы, достижения личного благополучия и счастья. Отмечается тесная взаимосвязь: чем крепче здоровье студентов, тем продуктивнее обучение [3–5]. Приоритетным критерием состояния здоровья студентов является физическое развитие. В этом плане студенческий контингент является специфичным, поскольку студенческие годы – это тот возрастной период, на который приходится завершение и стабилизация процессов созревания [6–8].

Постановление Правительства РФ № 916 от 29.12.2001 г. «Об общероссийской системе мониторинга состояния физического здоровья (ФЗ) населения, физического развития (ФР) детей, подростков и молодежи» подтверждает актуальность антропометрических скринингов, позволяющих своевременно выявить отклонения и нарушения ФР и ФЗ подрастающего поколения.

Наиболее информативными методами оценки, позволяющими при осуществлении популяционного мониторинга за короткое время обследовать большие контингенты, являются антропометрическая методика для изучения ФР и способ Г. Л. Апанасенко для оценки уровня ФЗ [9, 10].

Для контроля ФР первостепенное значение имеет наличие нормативов или стандартов, для создания которых требуется квалифицированный отбор больших контингентов обследованных, включаемых в группу стандарта, адекватный выбор методов антропометрического обследования, статистической разработки и представления стандартов [9, 11].

Научные исследования доказывают целесообразность использования при оценке ФР подрастающего поколения центильного метода. Центильные шкалы включают 8 центильных интервалов (ЦИ) и показывают границы изучаемого признака, в них указываются максимальные и минимальные значения каждого параметра [9, 11, 12].

Первые стандарты ФР студентов Нижегородской области были разработаны по итогам обследований, проведенных в 1987–1988 годах под руководством Н. А. Матвеевой (д.м.н., проф. Горьковского мединститута), на основе центильного метода, являющегося простейшим из непараметрических методов статистики [13]. Он применим для анализа непрерывных величин с распределением любого типа, т.к. он учитывает реальные границы ряда по каждому признаку и не смещает оценку в сторону занижения или завышения нормы.

При разработке стандарта необходимо соблюдать главное правило – формирование однородной статистической совокупности, а для этого необходимо чтобы наполняемость каждой возрастно-половой группы была не менее 100 человек; в выборке не должно быть лиц, имеющих 3 и более хронических заболеваний, с обострениями хронических заболеваний или патологическими отклонениями в развитии; чтобы была однородность группы по национальности и месту постоянного проживания [9, 11], т.к. ФР школьников и студентов различных регионов России во многом обусловлено влиянием факторов окружающей среды: уровень урбанизации, качество жизни, экологическое благополучие, условия проживания и обучения [14–17].

Сравнительный анализ показателей ФР студенток АФ ННГУ и КИПУ (Крымского инженерно-педагогического университета, 2014) выявил тенденции ускоренного ФР девушек татарской национальности из южного региона. При этом среди них выявлена склонность к избыточной массе тела, гипертензии и дистонии. Среди студенток КИПУ больше представительниц мезо- и макросоматического типов телосложения, что обусловлено территориально-этническими факторами [18].

В настоящее время актуальность исследования получил новый фактор, обуславливающий уровень ФР и ФЗ подрастающего поколения – распространение

коронавирусной инфекции, которое сопровождалось локдауном, внедрением дистанционного обучения и соответственно, снижением двигательной активности студентов. Большинство проведенных исследований свидетельствуют о неблагоприятном влиянии на физическое состояние студентов широкого внедрения дистанционного обучения на фоне распространения COVID-19, что актуализирует вопросы его изучения и разработку специальных программ сохранения и укрепления здоровья студенческой молодежи [19, 20].

Всё выше перечисленное показывает, что качественные и количественные характеристики ФР должны отражать временные, территориальные и этнические особенности, т.к. ФР, по мнению А. Г. Щедриной (2007), является сложным социально-биологическим процессом [21].

Цель исследования – используя результаты мониторинговых исследований, выявить особенности влияния временных, региональных и этнических факторов, а также условий обучения на показатели ФР студентов Нижегородской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения поставленной цели исследование осуществлялось в 4 выборках студентов, обследованных в ходе выполнения диссертационного исследования автора по теме «Исследование влияния двигательной активности на физиологические закономерности формирования физического здоровья студентов»:

1 выборка: в 2006-2008 гг. – 1235 студентов Нижегородской области (юноши 17-21 год, девушки 17-20 лет);

2 выборка: в 2012-2017 гг. – 7180 студентов 17-25 лет с целью разработки нормативов ФР студентов Нижегородской области;

3 выборка: в 2016-2018 гг. – 1666 студентов Нижегородской области (юноши 17-21 год, девушки 17-20 лет);

4 выборка: в 2020-2021 гг. – 540 студентов Нижегородской области (юноши 17-21 год, девушки 17-20 лет) между периодами реализации дистанционного обучения.

Исследование проведено генерализующим методом среди студентов г. Н. Новгород (ПИМУ (НижГМА) и ННГУ им. Лобачевского), г. Арзамас (АФ ННГУ, АПИ филиала НГТУ им. Р. А. Алексеева, АФ РУК) в ходе учебно-воспитательного процесса при изучении дисциплин медико-физкультурного блока и при прохождении профилактических обследований на базе Центров здоровья.

Антропометрические измерения включали определение длины тела (ДТ), массы тела (МТ), окружности грудной клетки (ОГК), жизненной емкости легких (ЖЕЛ), динамометрии правой кисти (ДПК), систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), проб Штанге и Генчи [9, 22].

Обследование студентов в 2016-2021 годах проводилось на базе Центра здоровья, где в программу обследования входит оценка ФЗ по методу Г. Л. Апанасенко [23] и в ходе учебно-воспитательного процесса при изучении дисциплин медико-физкультурной направленности в вузе с применением «Дневника здоровья студента» [24], где также проводилась оценка ФЗ по методу Г. Л. Апанасенко, включающего показатели: соотношение ДТ и МТ; жизненный

индекс (ЖИ) = ЖЕЛ/МТ; силовой индекс (СИ) = ДПК/МТ; индекс Робинсона (ИР) = САДхЧСС/100; время восстановления пульса после нагрузки в виде выполнения 20 приседаний за 30 сек. Для получения оценки результаты сопоставляются с таблицей, определяются баллы для каждого показателя, выводится общая сумма баллов и определяется уровень физического здоровья: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий [10]. Полученные в ходе исследования данные позволили провести сравнительный анализ показателей ФЗ студентов до внедрения дистанционных технологий (2016–2018 гг.), и в период, когда они стали активно применяться в ходе учебного процесса в вузе (2020–2021 гг.).

На начальном этапе исследования за нормативы ФР были приняты результаты исследований 1987–1988 гг., которые являлись основой последнего действующего стандарта ФР студентов Нижегородской области и позволили сопоставить оценки предыдущего норматива с вновь полученными результатами [13].

С целью выявления региональных и этнических особенностей показателей ФР провели сравнительный анализ медиан ДТ и МТ студентов возрастных групп от 17 до 21 года Нижегородской области и юношей с девушками из г. Москвы, г. Санкт-Петербурга, Чувашской республики, Саратовской и Омской областей (по результатам обследований в Центрах Здоровья России и опубликованных в научной литературе) [25].

По результатам обследования создана персоналифицированная база данных, статистическая обработка проводилась с использованием программ офисного пакета «EXCEL v8.00» и «Version 4.03 Primer of Biostatistics». Для выполнения задач исследования применяли методы вариационной статистики (вычисление средней арифметической (M) и стандартного отклонения (σ), метод оценки достоверности результатов (критерий t -Стьюдента, критерий χ^2) с доверительным интервалом $p \leq 0,05-0,001$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По центильным шкалам предыдущего стандарта (1987–1988 гг.), провели оценку (в ЦИ) полученных морфологических показателей ФР студентов Нижегородской области, обследованных в 2012–2017 гг. Оценка тотальных размеров тела современных студентов по стандарту конца прошлого века выявила смещение показателей относительно эталона. У показателей ДТ определено правостороннее смещение, т.е. преобладание оценок в 6–8 ЦИ, а МТ и ОГК – левостороннее смещение, т.е. превышение выше эталона оценок в 1–3 ЦИ (табл. 1).

В ходе исследования определили средние значения (M) и стандартные отклонения (σ) показателей тотальных размеров тела юношей и девушек во всех возрастных группах (17–25 лет).

Прирост показателей ДТ у юношей происходит от $175,2 \pm 5,92$ см в 17 лет до $179,2 \pm 6,98$ см в 24 года (прирост составил 4,0 см) (табл. 2). У девушек рост тела отмечен за период с 17 до 19 лет с $164,7 \pm 5,32$ см до $166,3 \pm 4,33$ см (прирост 1,8 см). Как у юношей, так и у девушек, наибольший прирост показателей ДТ происходит в период 17–18 лет (1,6 см и 0,9 см соответственно пола) (табл. 2).

Таблица 1
Структура распределения оценок тотальных размеров тела студентов, %

ЦИ	Эта- лон	ДТ		МТ		ОГК	
		Ю	Д	Ю	Д	Ю	Д
1	3 %	2,2	3,1	7,1	4,9	6,4	5,1
2	7 %	9,1	7,9	9,9	10,4	9,9	12,2
3	15 %	13,1	13,7	16,9	18,2	20,5	17,4
4	25 %	19,2	19,5	18,9	22,6	18,7	21,6
5	25 %	20,8	20,4	20,1	24,8	20,5	20,0
6	15 %	16,8	18,8	14,8	14,1	14,4	13,2
7	7 %	12,2	11,7	6,5	6,9	6,1	7,8
8	3 %	6,6	5,9	3,8	2,1	3,5	2,7

Примечание: ЦИ – центильный интервал, Ю – юноши, Д – девушки, ДТ – длина тела, МТ – масса тела, ОГК – окружность грудной клетки.

Таблица 2
Морфологические показатели физического развития студентов

Возраст	N	ДТ (M±σ)	МТ (M±σ)	ОГК (M±σ)
		юноши		
17	291	175,2±5,92	66,3±8,04	90,3±6,49
18	391	176,8±5,07*	67,8±7,55*	91,4±5,39
19	318	177,7±6,04*	69,1±7,88*	92,5±6,89*
20	394	178,6±5,18*	70,5±7,61*	93,5±6,02*
21	282	178,8±6,73	70,8±8,88	93,7±6,64
22	131	178,7±6,77	72,3±8,03	94,4±6,75
23	110	178,4±6,89	72,1±8,16	94,2±7,18
24	115	179,2±6,98	72,7±8,56	94,5±7,42
25	71	178,6±7,53	73,8±9,01	94,7±7,78
Возраст	N	девушки		
17	582	164,7±5,32	56,1±7,44	80,3±5,12
18	1278	165,6±5,28*	57,0±7,12*	81,2±5,19*
19	848	166,3±4,33*	57,8±8,76*	82,1±5,55*
20	836	166,5±5,03	58,3±8,18	83,1±5,29*
21	323	166,5±5,75	59,4±8,43*	83,6±5,64
22	142	166,4±5,08	59,5±8,22	83,6±5,90
23	123	166,4±5,61	60,6±8,62	83,7±5,81
24	109	166,3±6,18	60,8±8,51	83,8±6,72
25	99	166,4±6,27	61,1±8,60	84,0±6,50

Примечание: N – количество обследованных, M – среднее значения показателя, σ – стандартное отклонение, ДТ – длина тела, МТ – масса тела, ОГК – окружность грудной клетки

* – различия статистически достоверны с показателями предыдущей возрастной группы (P<0,05)

МТ изменяется у юношей от $66,3 \pm 8,04$ кг в 17 лет до $73,8 \pm 9,01$ кг в 25 лет (разница 7,5 кг). У девушек за этот же период МТ возрастает с $56,1 \pm 7,44$ кг до $61,1 \pm 8,60$ кг (разница 5,0 кг). У девушек наибольший прирост МТ (1,1 кг) выявлен в возрасте 20–21 год, а у юношей (1,5 кг) в возрасте 21–22 года (табл.2).

ОГК за период 17–25 лет увеличивается у юношей с $90,3 \pm 6,49$ см до $94,7 \pm 7,78$ см (разница 4,4 см), а у девушек – от $80,3 \pm 5,12$ см до $84,0 \pm 6,50$ см (разница 3,7 см). Наибольший прирост ОГК у юношей (1,1 см) происходит в 18–19 лет, у девушек – в возрасте 19–20 лет (1,0 см) (табл. 2).

Статистически значимые различия тотальных параметров тела (ДТ, МТ и ОГК) между возрастными группами студентов выявлены на этапе 17–20 лет, после 20 лет интенсивность ростовых процессов постепенно снижается.

По центильным шкалам предыдущего стандарта провели оценку (в ЦИ) полученных физиометрических показателей (табл. 3). Центильное распределение ЖЕЛ характеризуется небольшой правосторонней асимметрией, а ДПК – выраженной левосторонней асимметрией, где около 40 % студентов имеют оценки: сниженная, низкая и очень низкая (1–3 ЦИ).

Распределение центильных оценок показателей ЧСС распадается по крайним вариантам. Среди юношей и девушек определено в 2–3 раза больше эталона завышенных (7–8 ЦИ) значений САД и ДАД, а у юношей также показателей ЧСС (табл. 3).

Таблица 3
Распределение центильных оценок физиометрических показателей, %

ЦИ	Этало н, %	ЖЕЛ		ДПК		ЧСС		САД		ДАД	
		Ю	Д	Ю	Д	Ю	Д	Ю	Д	Ю	Д
1	3%	2,4	3,4	9,9	8,0	4,8	7,1	3,3	3,6	4,3	3,5
2	7%	7,6	4,9	12,4	13,2	9,2	8,7	6,1	5,5	5,0	6,4
3	15%	13,1	11,8	17,1	18,4	11,2	15,6	8,9	6,9	9,8	7,6
4	25%	21,2	24,6	19,8	22,4	16,4	18,4	22,0	18,8	10,4	10,1
5	25%	25,4	23,5	17,2	20,6	21,2	24,1	19,7	30,0	19,4	19,2
6	15%	19,0	16,6	13,5	11,2	18,1	13,6	18,6	12,0	17,3	24,7
7	7%	8,1	9,3	6,7	4,5	14,3	10,2	18,1	14,5	16,7	18,0
8	3%	4,9	5,9	3,4	2,7	6,6	2,3	3,4	8,7	11,2	10,6

Примечание: ЦИ – центильный интервал, Ю – юноши, Д – девушки, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ДПК – динамометрия правой кисти, ЧСС – частота сердечных сокращений, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление.

В ходе исследования определили средние значения (М) и стандартные отклонения (σ) физиометрических показателей ФР юношей и девушек во всех возрастных группах (17–25 лет).

ЖЕЛ у юношей от $3,7 \pm 0,77$ л в 17 лет увеличивается до $4,3 \pm 0,74$ л у молодых людей в 20 лет (разница 0,6 л). У девушек увеличение ЖЕЛ происходит с $3,0 \pm 0,49$ л

в 17 лет до $3,3 \pm 0,55$ л в 20 лет (разница 0,3 л). Ежегодные приросты ЖЕЛ отмечаются у студентов до 20 лет, затем останавливаются (табл. 4).

ДПК у юношей от $38,7 \pm 9,85$ кг в 17 лет увеличивается до $45,2 \pm 9,33$ кг в 23 года (разница 6,5 кг). У девушек увеличение ДПК происходит с $22,7 \pm 4,54$ кг до $24,0 \pm 5,76$ кг в 21 год (разница 1,3 кг). У юношей наибольшие значения ежегодных приростов ДПК (2,2 кг) зафиксированы в возрасте 19–20 лет. У девушек ежегодные приросты ДПК низкие, а после 21 года, наоборот, отмечается снижение средних значений.

Статистически значимые различия показателей ЖЕЛ и ДПК выявлены у студентов в возрастных группах 18–20 лет, за исключением показателей ДПК у девушек, где статистические различия отсутствуют вследствие небольших приростов (0,3–0,5 кг), кроме возрастных групп 18–19 лет, между которыми прирост составил 0,9 кг (табл. 4).

Таблица 4

Физиометрические показатели физического развития студентов

Возраст	Юноши $M \pm \sigma$			Девушки $M \pm \sigma$		
	N	ЖЕЛ	ДПК	N	ЖЕЛ	ДПК
17	291	$3,7 \pm 0,77$	$38,7 \pm 9,85$	582	$3,0 \pm 0,49$	$22,7 \pm 4,54$
18	391	$3,9 \pm 0,78^*$	$38,9 \pm 9,61$	1278	$3,1 \pm 0,52^*$	$23,0 \pm 5,41$
19	318	$4,0 \pm 0,80$	$40,5 \pm 9,38^*$	848	$3,2 \pm 0,53^*$	$23,9 \pm 5,66^*$
20	394	$4,3 \pm 0,74^*$	$42,7 \pm 9,14^*$	836	$3,3 \pm 0,55^*$	$23,5 \pm 6,20$
21	282	$4,3 \pm 0,75$	$43,9 \pm 9,70$	323	$3,3 \pm 0,44$	$24,0 \pm 5,76$
22	131	$4,2 \pm 0,63$	$44,7 \pm 9,66$	142	$3,2 \pm 0,47$	$23,7 \pm 5,25$
23	110	$4,3 \pm 0,69$	$45,2 \pm 9,33$	123	$3,1 \pm 0,52$	$23,5 \pm 6,01$
24	115	$4,2 \pm 0,72$	$44,7 \pm 9,57$	109	$3,1 \pm 0,53$	$22,8 \pm 5,70$
25	71	$4,1 \pm 0,78$	$44,6 \pm 9,53$	99	$3,1 \pm 0,56$	$23,4 \pm 6,37$

Примечание: N – количество обследованных, M – среднее значения показателя, σ – стандартное отклонение, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ДПК – динамометрия правой кисти, * – различия статистически достоверны с показателями предыдущей возрастной группы ($P < 0,05$)

САД у юношей увеличивается от $118,2 \pm 7,07$ мм рт.ст в 17 лет до $122,9 \pm 9,90$ мм рт.ст в 25 лет (разница 4,7 мм рт.ст). У девушек за этот же возрастной период увеличение САД происходит с $114,2 \pm 9,73$ мм рт.ст до $118,3 \pm 9,96$ мм рт.ст (разница 4,1 мм рт.ст) (табл. 5).

Показатели ДАД у юношей возрастают от $74,9 \pm 5,94$ мм рт.ст в 17 лет до $78,9 \pm 6,37$ мм рт.ст в 24 года (разница 4,0 мм рт.ст). У девушек за аналогичный период увеличение ДАД происходит с $73,2 \pm 6,28$ мм рт.ст до $77,7 \pm 6,93$ мм рт.ст (разница 4,5 мм рт.ст). Наибольшие значения ежегодных приростов ДАД отмечены у юношей 20–21 лет (1,5 мм рт.ст), а у девушек в 23–24 года (2,1 мм рт.ст).

ЧСС у юношей за период 17–23 года снижается с $78,4 \pm 9,84$ уд/мин до $75,1 \pm 9,69$ уд/мин (разница 4,2 уд/мин). У девушек также отмечается урежение ЧСС на

аналогичном этапе развития – с $78,9 \pm 8,80$ уд/мин до $75,0 \pm 9,93$ уд/мин (разница 3,9 уд/мин) (табл. 5).

Таблица 5

Гемодинамические показатели физического развития студентов

Возраст	N	САД (M±σ)	ДАД (M±σ)	ЧСС (M±σ)
		юноши		
17	291	118,2±7,07	74,9±5,94	78,4±9,84
18	391	119,4±8,22*	74,2±5,52	77,8±9,95
19	318	120,8±9,72*	75,4±5,94*	76,1±9,29*
20	394	122,2±9,20*	75,1±6,32	77,6±9,36*
21	282	121,9±8,68	76,6±5,21*	76,8±9,47
22	131	120,5±8,69	77,9±6,02*	75,2±9,78
23	110	121,8±9,36	78,1±6,13	75,2±9,69
24	115	122,0±9,53	78,9±6,37	76,0±9,60
25	71	122,9±9,90	78,3±6,39	75,1±9,89
Возраст	N	девушки		
17	582	114,2±9,73	73,2±6,28	78,9±8,80
18	1298	115,6±9,58*	73,9±6,62*	78,6±8,29
19	848	117,0±9,29*	72,8±6,90*	77,3±8,52*
20	836	117,2±9,30	74,1±6,55*	77,4±8,55
21	323	118,1±9,52	75,6±5,70*	75,6±8,26*
22	142	116,9±8,83	76,8±6,63*	75,1±8,62
23	123	118,1±9,83	75,6±6,70	75,0±9,93
24	109	117,7±9,95	77,7±6,93*	76,4±9,50
25	99	118,3±9,96	76,1±7,03	76,2±9,01

Примечание: N – количество обследованных, M – среднее значения показателя, σ – стандартное отклонение, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, * – различия статистически достоверны с показателями предыдущей возрастной группы (P<0,05)

Большинство статистически значимых различий гемодинамических показателей (САД, ДАД и ЧСС) отмечено между возрастными группами в период 17–20 лет.

Показатели пробы Штанге у юношей возрастают от $52,3 \pm 9,16$ с в 17 лет до $58,0 \pm 9,81$ с в 23 года (разница 5,7 с). У девушек увеличение значений пробы происходит с $42,0 \pm 8,60$ с до $46,9 \pm 9,15$ с (разница 4,9 с) на возрастном этапе 17–20 лет (табл. 6).

Показатели пробы Генчи у юношей возрастают от $22,4 \pm 4,28$ с в 17 лет до $26,0 \pm 4,97$ с в 20 лет (разница 3,6 с). У девушек за этот же возрастной период увеличение значений пробы происходит с $21,9 \pm 5,27$ с до $24,6 \pm 5,71$ с (разница 2,7 с).

Большинство статистически значимых различий показателей проб Штанге и Генчи выявлено у студентов между возрастными группами в период 17–20 лет.

Таблица 6

Показатели функциональных проб студентов 17-25 лет, сек

Возраст	Юноши (M±σ)			Девушки (M±σ)		
	N	Проба Штанге	Проба Генчи	N	Проба Штанге	Проба Генчи
17	291	52,3 ±9,16	22,4±4,28	582	42,0±8,60	21,9±5,27
18	391	53,8±9,33*	24,3±6,86*	1278	43,8±9,72*	23,6±6,42*
19	318	55,7±9,59*	25,9±6,90*	848	44,7±9,01*	24,2±6,38*
20	394	55,8±9,38	26,0±4,97	836	46,9±9,15*	24,6±6,47
21	282	57,3±9,52*	24,9±6,17*	323	46,1±9,36	24,9±5,71
22	131	56,1±9,01	24,1±6,55	142	45,7±8,29	24,0±6,28
23	110	58,0±9,81	24,6±6,02	123	45,1±9,49	23,1±6,96
24	115	55,5±9,09*	23,8±7,01	109	45,6±9,70	23,6±7,27
25	71	56,9±9,60	24,2±7,40	99	44,7±9,78	23,5±7,30

Примечание: N – количество обследованных, M – среднее значения показателя, σ – стандартное отклонение, * – различия статистически достоверны с показателями предыдущей возрастной группы (P<0,05)

С возрастом увеличиваются значения σ, что свидетельствует о возрастании к 25 годам численности студентов с крайними значениями морфологических и функциональных признаков, поэтому в целом физическое развитие современных студентов характеризуется выраженной вариабельностью, которая возрастает на этапе развития 17–25 лет [26, 27].

Также особенностью ФР студентов является возрастание физиометрических показателей к 20–21 годам, т.е. за период обучения в вузе, когда идет изучение дисциплины «Физическая культура и спорт» и активное занятие спортом. На старших курсах этой дисциплины нет в программе обучения, что сказывается на физическом состоянии большинства молодежи, отмечается замедление прироста функциональных показателей и даже их снижение [27].

Учитывая наличие статистически достоверных различий по показателям ФР у большинства студентов до 20 лет, для корректной оценки морфофункциональных показателей разработаны нормативы, включающие возрастные группы: 17 лет, 18 лет, 19 лет, 20 лет, 21 год и старше, что отличает их ранее существующих и действующих нормативов ФР студентов города Нижний Новгород. В табл. 7 представлен фрагмент разработанных нормативов – для девушек 20 лет [22].

ФР студентов за возрастной период 17–25 лет претерпевает существенные изменения, в большей степени выраженные по соматометрическим показателям. На фоне возрастания тотальных параметров тела только у третьей части молодежи продолжается наращивание физиометрических показателей, у остальных студентов они замедляются или даже снижаются. Вегетативный статус характеризуется некоторым напряжением, как отражение напряженного и высоко динамичного процесса обучения в вузе [26, 27].

Таблица 7

**Одномерные центильные шкалы для оценки физического развития
девушек 20 лет Нижегородской области**

Показатели	М	Мини- мум макси- мум	Оценка показателей по центильным интервалам							
			1	2	3	4	5	6	7	8
			Центили							
			3(5)	10	25	50	75	90	97(95)	
<i>Девушки 20 лет</i>										
1. Длина тела, см	166,9	144-189	157	160	162	166	169	174	178	
2. Масса тела, кг	58,3	43,5-103,8	47,2	49,5	53,4	58,9	63,9	68,4	78,0	
3. ОГК, см	83,1	74 - 115	76	78	81	83	86	93	99	
4. САД, мм.рт.ст.	118,2	93 - 145	98	107	112	117	121	127	133	
5. ДАД, мм.рт.ст.	74,1	60 - 88	64	67	69	74	77	79	83	
6. ЧСС, уд/мин.	78,4	52 - 110	59	64	70	77	82	87	98	
7. Проба Штанге	43,5	22 - 85	26	31	36	44	51	61	78	
8. Проба Генчи, с	24,6	15 - 49	16	19	22	24	30	35	40	
9. ЖЕЛ, л	3,3	2,0 - 6,0	2,5	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	
10. ДПК, кг	23,5	13 - 50	18	20	22	24	27	31	35	

Примечание: ОГК – окружность грудной клетки, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ДПК – динамометрия правой кисти

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ с целью выявления особенностей динамики показателей ФР студентов за 30-летний период. Для сравнения использовали результаты обследований юношей 17–21 лет и девушек 17–20 лет Горьковской области в 1987/1988 гг., а также результаты собственных обследований студентов Нижегородской области, проведенные в 2006/2008 гг., в 2016/2018 гг. и в 2020–2021 гг. Последняя группа студентов оценивалась отдельно, т.к. обучение в этот период связано с использованием дистанционных технологий.

Сравнительный анализ показателей ФР, представленный в табл. 8 показывает, что у юношей за 30-летний период произошли значительные изменения, касающиеся в большей степени параметров мышечной силы рук и гемодинамики.

Статистически достоверно возросли (за период 1987/1988 – 2020/2021) значения ДТ на фоне снижения МТ и ОГК, также снизились показатели ДПК (на 9,4 кг) и возросли гемодинамические параметры: САД (на 4,4 мм рт.ст), ДАД (на 3,9 мм рт.ст), ЧСС (на 2,0 уд/мин). У девушек отмечено статистически значимое возрастание всех показателей ФР, кроме МТ, ОГК и ДПК, значения которых снизились по сравнению с девушками 90-х годов прошлого столетия (табл. 9).

Результаты сравнительного анализа между выборками студентов за периоды обучения по традиционным технологиям (2016/2018 гг.) и с применением дистанционных технологий (2020/2021 гг.) показывают статистически значимое

снижение ДПК и ДАД (табл. 8, табл. 9). У юношей также снизились значения ЖЕЛ и ЧСС, а у девушек выявлено достоверно значимое увеличение МТ (у юношей тоже, но на уровне тенденции). Малоподвижный образ жизни, характерный для периода дистанта, способствовал увеличению массы тела на фоне снижения напряжения вегетативного статуса (ЧСС и ДАД) и функциональных показателей (ДПК и ЖЕЛ).

Таблица 8

Показатели физического развития юношей 17-21 лет, обследованных в 1987/1988 – 2006/2008 – 2016/2018 – 2020/2021 гг.

Показатели	1987/1988 гг.	2006/2008 гг.	2016/2018 гг.	2020/2021 гг.	±Δ 1987/1988 - 2020/2021
	М±σ	М±σ	М±σ	М±σ	
ДТ	176,8±6,30	177,1±6,63	177,6±5,81	177,8±6,45	+1,0*
МТ	71,0±8,60	69,3±9,34	68,5±8,09	69,4±8,93	-1,6*
ОГК	93,0±5,49	92,4±6,76	91,6±6,02	92,0±6,11	-1,0*
ЖЕЛ	4,17±0,76	4,09±0,62	4,24±0,61	4,09±0,71**	-0,08
ДПК	51,0±8,70	47,5±8,63	44,1±7,44	41,6±9,24**	-9,4*
ЧСС	75,0±7,42	77,1±9,17	79,0±9,89	77,0±7,51**	+2,0*
САД	115,0±9,52	117,7±8,28	119,8±8,76	119,4±7,60	+4,4*
ДАД	71,0±7,28	74,6±6,12	76,0±7,34	74,9±5,44**	+3,9*

Примечание: М – среднее значения показателя, σ – стандартное отклонение, ±Δ – показатель разности, * – различия достоверны для $p < 0,05$, ** – различия между выборками 2016/2018 и 2020/2021 достоверны для $p < 0,05$.

Таблица 9

Показатели физического развития девушек 17-20 лет, обследованных в 1987/1988 – 2006/2008 – 2016/2018 – 2020/2021 гг.

Показатели	1987/ 1988 гг.	2006/ 2008 гг.	2016/ 2018 гг.	2020/ 2021 гг.	±Δ 1987/1988 - 2020/2021
	М±σ	М±σ	М±σ	М±σ	
ДТ	163,9±5,22	164,2±5,90	164,8±5,63	165,0±5,57	+1,1*
МТ	60,1±7,90	58,2±7,25	56,5±6,72	57,4±7,48**	-2,7*
ОГК	83,0±4,90	82,1±7,03	81,1±5,66	81,4±6,25	-1,6*
ЖЕЛ	2,97±0,50	3,03±0,48	3,09±0,51	3,07±0,53	+0,1*
ДПК	28,0±5,10	25,2±4,91	23,5±4,05	21,8±5,39**	-6,2*
ЧСС	77,0±8,20	77,3±9,34	78,8±9,87	78,2±8,94	+1,2*
САД	109,0±8,90	112,0±7,65	114,0±8,81	113,2±8,45	+4,2*
ДАД	67,0±6,70	70,8±6,40	71,8±8,02	70,1±7,40**	+3,1*

Примечание: М – среднее значения показателя, σ – стандартное отклонение, ±Δ – показатель разности, * – различия достоверны для $p < 0,05$. ** – различия между выборками 2016/2018 и 2020/2021 достоверны для $p < 0,05$.

Результаты сравнительного анализа ФЗ свидетельствуют о снижении его уровня, в большей степени выраженного среди юношей (табл. 10). Среди девушек отмечено снижение со средним уровнем ФЗ на 14,1 %, а с высоким и выше среднего уровнем – на 3,4 %. Среди юношей аналогичные показатели снизились на 13,6 % и 6,9 % соответственно. Как среди юношей, так и среди девушек значительно возросла доля студентов с низким и ниже среднего уровня ФЗ – на 20,6 % и 17,4 % соответственно. Можно отметить лучшие показатели ФЗ у девушек в сравнении с юношами, но на уровне тенденции, т.к. гендерные различия по распределению оценок не определены на обоих этапах обследования ($P>0,05$).

Таблица 10

**Показатели физического здоровья студентов, обследованных
в 2016/2018 – 2020/2021 гг., %**

Уровень физического здоровья	2016/2018 гг.		2020/2021 гг.	
	Юноши	Девушки	Юноши	Девушки
Низкий	12,2	8,1	16,9	15,1
Ниже среднего	16,6	17,2	32,5	27,6
Средний	49,8	51,3	36,3	37,2
Выше среднего	14,0	16,0	10,1	16,1
Высокий	7,3	7,5	4,3	4,0
Статистика	$\chi^2=6,74$ $P>0,05$		$\chi^2=5,18$ $P>0,05$	

Проведенный в ходе исследования сравнительный анализ медиан ДТ и МТ юношей и девушек из различных областей России позволил определить региональные и этнические особенности ростовых процессов на этапе развития 17–21 год, результаты которого представлены в табл. 11.

Самые высокие 17-летние юноши (175,1 см) и девушки (165,0 см) – московская молодежь, а низкорослые – юноши (170,4 см) и девушки (161,2 см) из Чувашской республики. В 21 год самыми высокими становятся юноши (178,8 см) из Омской области и девушки (166,1 см) из Москвы. (табл. 11).

Наибольшие значения МТ выявлены у 17-летних юношей (66,1 кг) Саратовской области и у девушек (56,9 кг) из г. Санкт-Петербурга. В 21 год наибольшие показатели МТ определены у юношей (73,5 кг) и девушек (59,0 кг) Омской области.

За возрастной период от 17 до 21 года наибольшие приросты по ДТ выявлены: у юношей (6,2 см) и у девушек (1,8 см) Чувашской республики. Наибольшие приросты по МТ выявлены у юношей (9,2 кг) Чувашской республики и девушек (3,5 кг) Омской области.

Самые маленькие приросты ДТ и МТ на данном этапе онтогенеза зафиксированы у юношей (2 см и 4,4 кг) из Москвы и у девушек (0,7 см и 1,7 кг) из Санкт-Петербурга.

Таблица 11

Сравнительный анализ медиан показателей физического развития
(ДТ и МТ) юношей и девушек различных регионов России

Регионы РФ	юноши				девушки		
	возраст	N	ДТ	МТ	N	ДТ	МТ
Москва	17 лет	3243	175,1	65,7	2901	165,0	56,6
	18 лет	4005	176,5	67,6	3863	165,5	57,0
	19 лет	2731	177,1	68,8	2818	165,7	57,4
	20 лет	2194	177,2	69,6	2593	165,9	58,0
	21 год	1931	177,1	70,1	2497	166,1	58,6
	Δ 17-21		2,0	4,4	Δ 17-21	1,1	2,0
Санкт-Петербург	17 лет	397	174,5	64,2	348	165,0	56,9
	18 лет	359	176,4	66,8	373	165,4	57,7
	19 лет	159	177,6	68,9	335	165,6	58,1
	20 лет	144	178,3	70,5	300	165,6	58,3
	21 год	105	178,7	71,9	255	165,7	58,6
	Δ 17-21		4,2	7,7	Δ 17-21	0,7	1,7
Нижегородская область	17 лет	291	175,0	65,8	582	164,7	56,4
	18 лет	391	176,0	67,0	1278	165,0	57,0
	19 лет	318	177,0	69,6	848	165,5	57,8
	20 лет	394	178,0	70,8	836	166,0	58,2
	21 год	282	178,5	71,9	323	166,1	58,7
	Δ 17-21		3,5	6,1	Δ 17-21	1,4	2,3
Омская область	17 лет	980	174,9	64,9	774	163,6	55,5
	18 лет	609	176,8	67,9	325	164,1	56,4
	19 лет	354	177,9	70,1	196	164,4	57,0
	20 лет	293	178,5	71,8	218	164,7	58,3
	21 год	271	178,8	73,1	247	164,8	59,0
	Δ 17-21		3,9	8,2	Δ 17-21	1,2	3,5
Саратовская область	17 лет	482	173,7	66,1	655	162,9	56,4
	18 лет	340	175,5	67,9	489	163,5	57,0
	19 лет	254	176,6	69,2	449	164,0	57,4
	20 лет	232	177,2	70,2	370	164,4	57,6
	21 год	217	177,5	71,0	350	164,6	57,9
	Δ 17-21		3,8	4,9	Δ 17-21	1,7	1,9
Чувашская республика	17 лет	574	170,4	58,6	774	161,2	52,3
	18 лет	152	172,8	61,5	325	161,7	53,1
	19 лет	78	174,5	64,0	196	162,2	53,5
	20 лет	93	175,8	66,0	218	162,6	53,8
	21 год	94	176,6	67,8	247	163,0	54,1
	Δ 17-21		6,2	9,2	Δ 17-21	1,8	1,8

Примечание: N – количество обследованных, ДТ – длина тела, МТ – масса тела, Δ – показатель разности между возрастными группами 17 лет и 21 год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Специфический образ жизни студенческой молодежи оказывает существенное влияние на показатели ФР в течение всего периода обучения в вузе. Выявленные отличия антропометрических показателей современных студентов и асимметричность распределения центильных оценок стали основанием разработки оценочных таблиц в виде одномерных центильных шкал для оценки ФР студентов Нижегородской области в возрастно-половых группах от 17 до 21–25 лет.
2. Сравнительный анализ показателей ФР, выявил значительные изменения, произошедшие за период наблюдений 1987–2021 гг. За 30-летний период у юношей и девушек произошло значительное снижение показателей ДПК, возросли значения САД, ДАД и ЧСС. У студентов увеличилась ДТ на фоне снижения МТ и ОГК. За исследуемый период возросла вариабельность ФР, на что указывает расширение диапазона min-max исследуемых параметров у современных студентов, а также возрастание значений σ у большинства показателей к настоящему времени.
3. Сравнительный анализ ФР между периодами обучения по традиционным и дистанционным формам выявил у студентов снижение функциональных показателей (ДПК и ЖЕЛ), повышение массы тела на фоне снижения параметров гемодинамики, что в целом привело к снижению уровня физического здоровья.
4. В ходе сравнительного анализа показателей тотальных размеров тела (ДТ и МТ) юношей и девушек различных районов России выявили специфические региональные особенности, свидетельствующие об ускоренном ФР молодежи из мегаполисов (Москва, Санкт-Петербург) по сравнению с периферийными областями, где юноши и девушки позже достигают дефинитивной зрелости. Также отмечена обусловленность уровня ФР этническими факторами на примере динамики показателей ДТ и МТ юношей и девушек Чувашской республики.
5. Выявленные особенности физического состояния современной молодежи подтверждают создание региональных нормативов ФР для объективной оценки морфофункциональных показателей юношей и девушек. А влияние дистанционного обучения указывает на разработку дополнительных программ оздоровительной направленности студенческой молодежи.

Список литературы

1. Проскурякова Л. А. Структура и оценка эффективности мероприятий системы сохранения здоровья студентов / Л. А. Проскурякова, Е. Н. Лобыкина // Гигиена и санитария. – 2017. – № 96(1). – С. 79–84. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-79-84>
2. Aceijas C. Determinants of health-related lifestyles among university students / C. Aceijas, S. Waldhausl, N. Lambert [et al.] // Perspectives in public health. – 2017. – Vol. 137, № 4. – P. 227–236. DOI: 10.1177/1757913916666875
3. Агаджанян Н. А. Здоровье студентов / Н. А. Агаджанян, В. П. Дегтярев, Е. И. Русанова. – М.: Российский университет дружбы народов. – 1997. – 199 с.

4. Пястолова Н. Б. Здоровьесбережение в высшем учебном заведении / Н. Б. Пястолова, М. О. Певень // *Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация.* – 2017. – Т. 2, № 2. – С.14–17.
5. Serpi S. A. Relationship between healthy lifestyle behaviors and health locus of control and health - specific self – efficacy in university students / S. A. Serpi, Y. Kitis // *Japan journal of nursing science.* – 2017. – Vol. 14, № 3. – P. 231–239. DOI: 10.1111/jjns.12154
6. Бароненко В. А. Здоровье и физическая культура студента / В. А. Бароненко, Л. А. Рапопорт. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2012. – 336 с.
7. McFadden D. L. H. Health and academic success: A look at the challenges of first-generation community college students / D. L. H. McFadden // *Journal of the American association of nurse practitioners.* – 2016. – Vol. 28, № 4. – P. 227–232. DOI: 10.1002/2327-6924.12345
8. Сетко Н. П. Гигиеническая оценка функциональных резервов и адаптационных возможностей студентов / Н. П. Сетко, Е. В. Булычева, Е. Б. Бейлина // *Гигиена и санитария.* – 2017. – № 96(2). – С. 166–170. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-2-166-170>
9. Михайлова С. В. Методы оценки и самоконтроля физического здоровья учащейся молодежи: учебно-методическое пособие / С. В. Михайлова, Ю. Г. Кузмичев, Н. В. Жулин. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2017. – 174 с.
10. Апанасенко Г. Л. О возможности количественной оценки уровня здоровья человека / Г. Л. Апанасенко // *Гигиена и санитария.* – 1985. – № 6. – С. 55–58.
11. Богомолова Е. С. Методы изучения и оценки физического развития детей и подростков: учебное пособие / Е. С. Богомолова, Ю. Г. Кузмичев, Н. А. Матвеева [и др.]. – Н.Новгород: Издательство НГМА, 2018. – 92 с.
12. Матвеева Н. А. Применение центильного метода для оценки состояния здоровья школьников: учебно-методическое пособие / Н. А. Матвеева, Ю. Г. Кузмичев, В. В. Сафронов. – Горький: Б.и., 1983. – 50 с.
13. Матвеева Н. А. Физическое развитие студентов г. Горького / Н. А. Матвеева, А. А. Бородинова, А. П. Квасова, Л. В. Шульдина // *Образ жизни и здоровье студентов. Сборник научных трудов конференции.* – Горький: Горьковский медицинский институт, 1990. – С. 69–75.
14. Плотникова Е. П. Влияние экологии на физическое здоровье человека и занятия спортом / Е. П. Плотникова // *Вестник науки и образования.* – 2018. – № 17 (53). – С. 34–39.
15. Schweizer A., Miserez S., Carral M., Santiago-Delefosse M. Students' experience of sustain-ability: health as a lever for action // *International journal of sustainability in higher education.* – 2018. – 19(3). – P. 498–517. DOI: 10.1108/IJSHE-06-2017-0077.
16. Кобякова О. С. Частота поведенческих факторов риска хронических неинфекционных заболеваний и уровень качества жизни у студентов разных направлений подготовки в зависимости от года обучения / О. С. Кобякова, И. А. Деев, Н. М. Файзулина [и др.] // *Профилактическая медицина.* – 2021. – № 4. – С.23-29 DOI: <http://doi.org/10.17116/profmed20212404123>
17. Изатулин В. Г. Особенности физического развития юношей с учетом этнических различий / В. Г. Изатулин, О. А. Карабинская, В. Ю. Лебединский, А. Н. Калягин // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск).* – 2018. – № 1. – С. 28–33.
18. Калюжный Е. А. Морфофункциональная адаптация студенток, обусловленная территориально-этническими факторами / Е. А. Калюжный, С. В. Михайлова, Э. Э. Ибрагимова // *Исследования в области естественных наук.* – 2014. – № 2. – С. 1.
19. Милько М. М. Исследование физической активности студентов в условиях дистанционного обучения и самоизоляции / М. М. Милько, Н. В. Гуремина // *Современные наукоемкие технологии.* – 2020. – № 5. – С. 195–200.
20. Шарова Е. И. Исследование здоровья студентов вуза в условиях дистанционного обучения как показатель качества образования / Е. И. Шарова // *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта.* – 2020. – № 6 (184). – С. 401–405 DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.6.p401-405
21. Щедрина А. Г. Здоровый образ жизни: методологические, социальные, биологические, медицинские, психологические, педагогические, экологические аспекты / А. Г. Щедрина – Новосибирск: ООО «Альфа-Виста», 2007. – 144 с.
22. Исследование физического здоровья студенческой молодежи (на примере студентов Нижегородской области): монография / авт. кол.: С. В. Михайлова, Е. А. Калюжный, Т. В. Сидорова [и др.]; Арзамасский филиал – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. – 247 с.

23. Организация и функционирование Центров здоровья. – М.: ГОУ ВПО РГМУ. – 2010. – 60 с.
24. Методические рекомендации к освоению дисциплины «Физическая культура и спорт (элективная дисциплина)». Материалы для выполнения заданий Дневника здоровья студента. Составители: Михайлова С. В., Сидорова Т. В., Полякова Т. А. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ. – 2019. – 50 с.
25. Руднев С. Г. Биоимпедансное исследование состава тела населения России / С. Г. Руднев, Н. П. Соболева, С. А. Стерликов [и др.]. – М.: РИО ЦНИИОИЗ, – 2014. – 493 с.
26. Матвеева Н. А. Физическое развитие студентов высших учебных заведений Нижнего Новгорода / Н. А. Матвеева, Н. Г. Чекалова, А. В. Додонов [и др.] // Медицинский альманах. – 2015. – № 5(40). – С. 176–178.
27. Михайлова С. В. Физиологический статус студентов с различным уровнем двигательной активности / С. В. Михайлова, Т. В. Сидорова, Т. А. Полякова [и др.]. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия – 2020. – Т.6(72). – № 2. – С. 149–164. DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-149-164.

INFLUENCE OF TEMPORARY, REGIONAL AND ETHNIC FACTORS, LEARNING CONDITIONS ON THE PHYSICAL DEVELOPMENT OF STUDENTS

Mikhajlova S. V.

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

To control physical development (PD), the existence of norms or standards is of paramount importance, which must be developed taking into account temporal, territorial and ethnic principles, because PD is a complex socio-biological process and is formed under the influence of numerous environmental factors.

The purpose of the study is to use the results of monitoring studies to identify the features of the influence of temporal, regional and ethnic factors, as well as learning conditions on the indicators of the PD of students in the Nizhny Novgorod region.

Materials and methods. To achieve this goal, the study was carried out in 4 samples of students from the Nizhny Novgorod region, examined in the course of the author's dissertation research: 1 sample (2006–2008 – 1235 students); 2 sample (2012–2017 – 7180 students); 3rd sample: in 2016–2018 – 1666 students); 4 sample: (2020–2021 – 540 students). Anthropometric measurements included determination of body length, body weight, chest circumference, lung capacity, right hand dynamometry, systolic and diastolic blood pressure, heart rate, Stange and Genchi tests. Physical health was determined by the method of G. L. Apanasenko with an assessment: low, below average, average, above average, high.

Results. The differences in the anthropometric indicators of modern students and the asymmetry of the distribution of centile assessments revealed in the course of the study became the basis for the development of standards for assessing the PD of students in the Nizhny Novgorod region in age and sex groups from 17 to 21–25 years old.

A comparative analysis of PD over a 30-year period (1987–2021) revealed a significant decrease in arm muscle strength and an increase in hemodynamic parameters. Students have increased height against the background of weight loss. During the study period, the variability of PD increased, as evidenced by the expansion of the min-max range of the studied parameters in modern students, as well as the increase in σ values for most indicators to date. Comparative analysis of PD between the periods of training in traditional and distance forms revealed in students a decrease in functional indicators, an increase in body weight against the background of a decrease in hemodynamic parameters, which generally led to a decrease in the level of physical health. In the course of a comparative analysis of indicators of the length and body weight of boys and girls from different regions of Russia, specific regional features were revealed, indicating an accelerated PD of young people from megacities (Moscow, St. Petersburg) compared to peripheral regions, where boys and girls later reach definitive maturity. The conditionality of PD by ethnic factors was also noted on the example of the dynamics of indicators of length and body weight of boys and girls of the Chuvash Republic.

Conclusion. The revealed features of the physical condition of today's youth confirm the creation of regional standards for an objective assessment of PD of boys and girls. The influence of distance learning points to the development of additional health-improving programs for student youth.

Keywords: students, physical development, monitoring, standards, influence factors, comparative analysis.

References

1. Proskuryakova L. A., Lobykina E. N. The structure and assessment of the effectiveness of measures of the system of preserving students' health. *Gigiena i sanitariya*, **96(1)**, 79 (2017) DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-79-84>
2. Aceijas C., Wald-hausl S., Lambert N., Cassar S., Bello-Corassa R. Determinants of health-related lifestyles among university students. *Perspectives in public health*. **137(4)**, 227 (2017) DOI: 10.1177/1757913916666875
3. Agadzhanyan N. A., Degtyarev V. P., Rusanova E. I. *Student health*. (M.: Izd-vo RUDN, 1997).
4. Pyastolova N. B., Peven M. O. Health saving in a higher educational institution. *Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation*, **2, 2**, 14 (2017).
5. Cepni S. A., Kitis Y. Relationship between healthy lifestyle behaviors and health locus of control and health - specific self - efficacy in university students. *Japan journal of nursing science*, **14, 3**, 231 (2017) DOI: 10.1111/jjns.12154
6. Baronenko V. A., Rapoport L. A. *Student's health and physical education*. (M.: Al'fa-M:INFRA-M, 2012).
7. McFadden D. L. H. Health and academic success: A look at the challenges of first-generation community college students. *Journal of the American association of nurse practitioners*, **28(4)**, 227 (2016). DOI: 10.1002/2327-6924.12345
8. Setko N. P., Bulycheva E. V., Bejlina E. B. Hygienic assessment of students' functional re-serves and adaptive capabilities. *Gigiena i sanitariya*, **96(2)**, 166 (2017) DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-2-166-170>.
9. Mihajlova S. V., Kuzmichev Yu. G., Zhulin N. V. *Methods for assessing and self-monitoring the physical health of students: a teaching tool*. (Arzamas: Arzamasskij filial NNGU; 2017).
10. Apanasenko G. L. About the possibility of a quantitative assessment of the level of human health. *Gigiena i sanitariya*, **6**, 55 (1985).

11. Bogomolova E. S., Kuzmichev Yu. G., Matveeva N. A., Kiseleva A. S., Olyushina E. A., Novopoltseva E. G., Zhulin N. V. *Methods for studying and evaluating the physical development of children and adolescents* (N. Novgorod: Izdatel'stvo Nizhegorodskoj gos. medicinskoj akademii, 2018).
12. Matveeva N. A., Kuzmichev Yu. G., Safronov V. V. *Application of the centile method to assess the state of health of schoolchildren: a teaching aid* (Gor'kij: B.i., 1983).
13. Matveeva N. A., Borodinova A. A., Kvasova A. P., Shulyndina L. V. *Physical development of students in Gorky. Lifestyle and health of students. Collection of scientific papers of the conference.* (Gorky, 1990). p. 69.
14. Plotnikova E. P. The impact of ecology on human physical health and sports. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, **17(53)**, 34 (2018).
15. Schweizer A., Miserez S., Carral M., Santiago-Delefosse M. Students' experience of sustain-ability: health as a lever for action, *International journal of sustainability in higher education*, **19(3)**, 498 (2018) DOI: 10.1108/IJSHE-06-2017-0077.
16. Kobyakova O. S., Deev I. A., Faizulina N. M., Starovoitova E. A., Almikeeva A. A., Zagromova T. A., Balaganskaya M. A., Kulikov E. S. The frequency of behavioral risk factors for chronic non-communicable diseases and the level of quality of life among students of different areas of training, depending on the year of study. *Profilakticheskaya medicina*, **4**, 23 (2021) DOI: <http://doi.org/10.17116/profmed20212404123>
17. Izatulin V. G. Izatulin V. G., Karabinskaya O. A., Lebedinsky V. Yu., Kalyagin A. N. Features of the physical development of young men, taking into account ethnic differences. *Sibirskij medicinskij vestnik*, **1**, 28 (2018).
18. Kalyuzhny E. A., Mikhailova S. V., Ibragimova E. E. Morphofunctional adaptation of female students due to territorial and ethnic factors. *Issledovaniya v oblasti estestvennyh nauk*. **2**, 1 (2014).
19. Milko M. M., Guremina N. V. Study of physical activity of students in conditions of distance learning and self-isolation. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. **5**, 195 (2020).
20. Sharova E. I. The study of the health of university students in conditions of distance learning as an indicator of the quality of education. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, **6 (184)**, 401 (2020) DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.6.p401-405
21. Shchedrina A. G. *Healthy lifestyle: methodological, social, biological, medical, psychological, pedagogical, environmental aspects* (Novosibirsk : OOO «Al'fa-Vista», 2007).
22. Mikhailova S. V., Kalyuzhny E. A., Sidorova T. V., Polyakova T. A., Krylov V. N., Kuzmichev Yu. G., Zhulin N. V., Boltacheva E. A., Krasnikova L. I., Khrycheva T. V., Kalinovskiy A. S. *Study of the physical health of students (on the example of students of the Nizhny Novgorod region): monograph* (Arzamas: Arzamasskij filial NNGU, 2019).
23. *Organization and operation of Health Centers.* (M: GOU VPO RGMU. 2010).
24. Mihajlova S. V., Sidorova T. V., Polyakova T. A. *Methodical recommendations for mastering the discipline "Physical culture and sports (elective discipline)". Materials for completing tasks of the Student Health Diary* (Arzamas: Arzamasskij filial NNGU, 2019).
25. Rudnev S. G., Soboleva N. P., Sterlikov S. A., Nikolaev D. V., Starunova O. A., Chernykh S. P., Eryukova T. A., Kolesnikov V. A., Melnichenko O. A., Ponomareva E. G. *Bioimpedance study of the body composition of the Russian population* (M.: RIO CNIIOIZ, 2014).
26. Matveeva N. A., Chekalova N. G., Dodonov A. V., Silkin YU. R., Maksimenko E.. Physical development of students of higher educational institutions of Nizhny Novgorod. *Medicinskij al'manah*, **5(40)**, 176 (2015).
27. Mikhailova S. V., Sidorova T. V., Polyakova T. A., Zhizhenina L. M., Syomova S. G., Losev A. S., Antonov A. Ya., Makhonin M. Yu. Physiological status of students with different levels of physical activity. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University*. **6(72)**, **2**, 149 (2020) DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-149-164.

УДК 796.01:612+796.853.23

ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТАНДАРТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ У ДЗЮДОИСТОВ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Овчеренко А. В.¹, Алексанянц Г. Д.¹, Погодина С. В.²

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Краснодар, Россия

*²ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: alexanyanc@mail.ru*

Исследовали параметры функциональной мощности после стандартной физической нагрузки у спортсменов, занимающихся дзюдо. Приняли участие 31 спортсмен, квалификация от первого разряда до мастера спорта. Возраст наблюдаемых от 17 до 21 года. Исследовали жизненную емкость легких, максимальную вентиляцию легких, силу дыхательной мускулатуры на вдохе и выдохе в состоянии мышечного покоя и после стандартной физической нагрузки в тесте PWC₁₇₀. Применяли в работе электронный спирометр, «Fucuda-3000», (Япония), пневмоманометр. Полученные данные статистически обработаны с определением t-критерия Стьюдента.

Полученные данные показали, с увеличением спортивной квалификации у дзюдоистов развиваются показатели внешнего дыхания (жизненная емкость легких и максимальная вентиляция легких, $p < 0.001$). Что касается силы дыхательной мускулатуры на вдохе и выдохе, то разница в рассматриваемых группах не зарегистрирована. После стандартной физической нагрузки отмечено значительное ($p < 0.05$) увеличение мощности у мастеров спорта по отношению к спортсменам 2 группы. Параметр максимальное потребление кислорода у высококвалифицированных спортсменов преобладает на 11 % ($p < 0.001$). Показатель кислородного пульса на 16 % больше, чем у спортсменов второй группы ($p < 0.01$).

Ключевые слова: спортсмены, дзюдо, функциональная мощность, физическая стандартная нагрузка.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время специфическая мышечная деятельность в дзюдо, регулярные высокие физические и психологические тренировочные нагрузки значительно влияют на все без исключения компоненты физиологических отклонений организма спортсменов. В работах многих исследователей установлено, что базовой мерой деятельности физиологических систем спортсменов выступает мощность как специфическая особенность, определяемая величиной энергопродуктивности и энергозатрат, требуемых для выполнения механической работы [1–3]. Следует отметить, что оптимизация физиологических механизмов, которые являются существенным компонентом функциональных возможностей организма спортсменов, в определенной степени генерируется таким свойством как мощность, в свою очередь, формирующая высокую степень работоспособности [4].

Согласно данным ряда исследований в качестве факторов мощности целесообразно использовать показатели физиологической мощности систем, фиксируемых во время максимальной физической работы и выражающие наибольший предел мощности функционирования организма спортсмена [5, 6]

При этом следствием развития адаптации организма к физическим нагрузкам служит уровень физической работоспособности, который в свою очередь является интегративным параметром функциональной подготовленности спортсмена [6, 7]. Вместе с тем, в связи с большими мышечными нагрузками исключительную актуальность имеют и вопросы адаптации физиологических систем организма спортсменов, занимающихся дзюдо. Причем приспособительные перестройки в организме спортсмена проявляются в количественных изменениях функциональных параметров органов и систем [9–11] Понимание и анализ ключевых элементов обуславливающих физическую работоспособность, а также базовые звенья ее динамики являются условием оптимального планирования, реализации тренировочного процесса и контроля функционального состояния организма спортсменов [12–14].

В настоящем исследовании основной целью являлось выявление параметров функциональной мощности после стандартной физической нагрузки у спортсменов, занимающихся дзюдо.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 31 спортсмен, специализирующихся в дзюдо, которые были разделены на две группы: мастера спорта (n=12) – первая группа, вторая группа – кандидаты в мастера спорта и первый разряд (n=19). Участвующие в исследовании спортсмены были в возрасте от 17 до 21 года. Исследования проводилось в подготовительный период годового тренировочного цикла на добровольной основе с оформлением письменного информационного согласия.

В связи с выше изложенным были определены параметры, характеризующие функциональную мощность системы обеспечения кислородом.

В условиях мышечного покоя измеряли жизненную емкость легких (VC, мл), силу дыхательных мышц при вдохе (FRMin, мм рт.ст) и выдохе (FRMex, мм рт.ст), максимальную вентиляцию легких (MMV, л/мин). При выполнении стандартной физической нагрузки (PWC₁₇₀) регистрировались: мощность внешней механической работы (Wmax, кГм/мин), частота сердечных сокращений (fh_{max}, уд/мин), легочная вентиляция (VEmax, л/мин), глубина дыхания (VTmax, мл), частота дыхания (fbmax, цикл/мин), максимальное потребление кислорода (VO2max, мл/мин), кислородный пульс (VO2max, / fhmax, мл/мин/уд/мин).

Жизненная емкость легких (VC) определялась электронным спирометром «Fukuda-3000», (Япония), имеющим стандартные настройки. Замеры жизненной емкости легких осуществлялись в следующей последовательности: сначала выполнялся ряд предварительных исследований, состоящий из 2–3 попыток, заключительное исследование включало 3 измерения, при этом в таблицу заносилась наибольшая из величин.

Для исследования максимальной вентиляции легких (MMV) спортсменам предлагалось выполнить несколько вдохов/выдохов (3) с максимально возможной глубиной и частотой. После форсированной гипервентиляции у тестируемых проводились измерения значений дыхательных параметров.

При пневмоманометрии (FRM_{in} и FRM_{ex}) тестирование спортсменов проводилось в изометрическом режиме, в состоянии полного мышечного покоя после их предварительного подробного инструктирования. Исследование проводилось троекратно и учитывалось наибольшее значение параметра.

$f_{h_{max}}$ – максимальная частота сердечных сокращений. Определялась в момент выполнения максимальной мышечной нагрузки при определении максимального потребления кислорода электрокардиографическим методом по интервалу R – R.

VE_{max} – максимальный объем легочной вентиляции в минуту. Измерение и регистрация объема легочной вентиляции в минуту осуществлялось посредством комбинированного прибора «Ergo-Oxyscreen (Jaeger)»

VT_{max} – максимальная величина дыхательного объема. Измерение и регистрация максимальной величины дыхательного объема осуществлялось посредством комбинированного прибора «Ergo-Oxyscreen (Jaeger)»

VO_{2max} – максимальный объем потребления кислорода. Испытуемым предлагалось увеличить мощность работы настолько это было возможно в течение 2 – 3 минут, что позволяло вывести их на уровень максимального потребления кислорода.

Наряду с этим у дзюдоистов проводили стандартную физическую нагрузку при 2-х одномоментных пятиминутных велоэргометрических нагрузках увеличивающейся мощности в пробе PWC_{170} . Первая нагрузка формировалась таким образом, чтобы к окончанию 5-ой минуты частота сердечных сокращений соответствовала

120–140 уд/мин. В свою очередь второй нагрузкой необходимо сделать возможным увеличение ЧСС до 150–170 уд/мин. Отдых между нагрузками составляет 5 минут. На заключительном минутном отрезке двух нагрузок фиксируется частота сердечных сокращений.

Расчет PWC_{170} осуществляется по формуле:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}, (\text{кгМ/мин})$$

где W_1 и W_2 – мощность первой и второй нагрузки, f_1 и f_2 – частота сердечных сокращений после первой и второй нагрузки.

Полученные данные подвергались статистической обработке. Применялся t-критерий Стьюдента. При оценке достоверности различий достоверным был 5 % уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали полученные данные (рис. 1), с увеличением спортивной квалификации у дзюдоистов развиваются показатели внешнего дыхания (жизненная емкость легких и максимальная вентиляция легких ($p < 0.05$)). Что касается силы дыхательной мускулатуры на вдохе и выдохе, то разница в рассматриваемых группах не зарегистрирована.

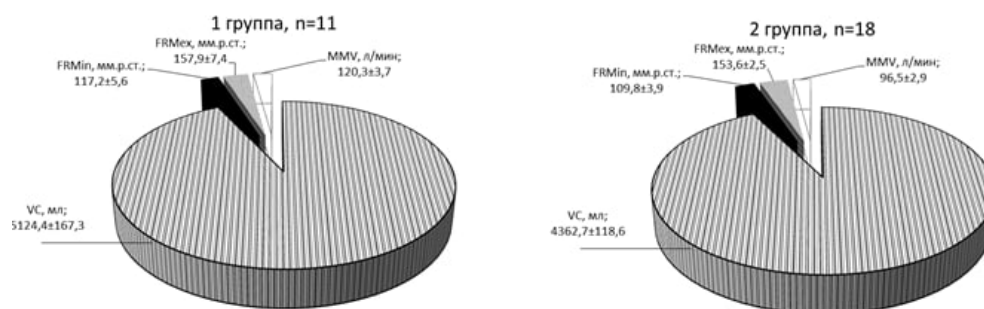


Рис. 1. Показатели функциональной мощности у спортсменов специализирующихся в дзюдо, в состоянии мышечного покоя.

Анализ полученных параметров функциональной мощности у спортсменов разной квалификации, специализирующихся в дзюдо, после стандартной мышечной нагрузки в пробе PWC_{170} (рис. 2) показал значительное ($p < 0.05$) увеличение мощности у мастеров спорта по отношению к спортсменам 2 группы. Следует отметить меньшее количество ($p < 0.01$) дыхательных циклов в минуту так же у более квалифицированных дзюдоистов. При этом показатели сердечных сокращений и объем глубины дыхания в рассматриваемых группах не отличались.

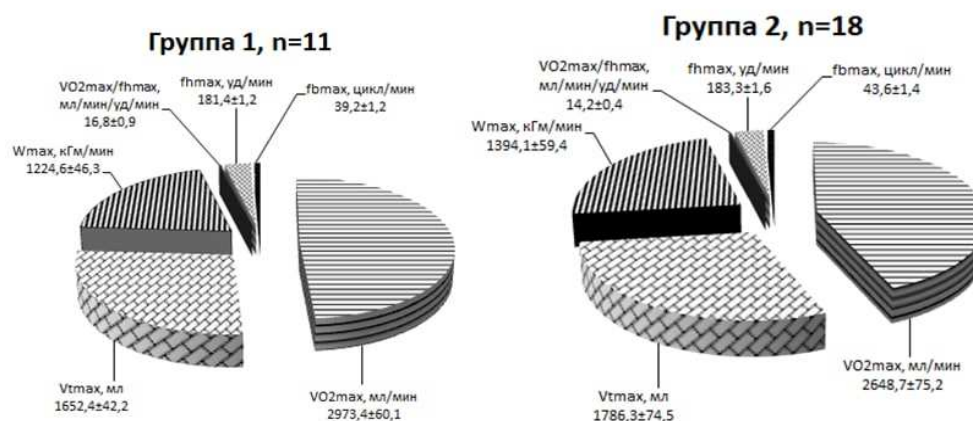


Рис. 2. Показатели функциональной мощности у спортсменов специализирующихся в дзюдо, после стандартной физической нагрузки

В свою очередь после нагрузки параметр максимальное потребление кислорода у высококвалифицированных спортсменов преобладает на 11 % ($p < 0.001$).

Что касается показателя кислородного пульса, то у дзюдоистов первой группы он на 16 % больше, чем у спортсменов второй группы ($p < 0.01$).

Таким образом, анализ полученных в исследовании результатов демонстрирует, что у высококвалифицированных спортсменов занимающихся дзюдо предпочтительное обеспечение организма кислородом основывалось за счет гармоничного использования рабочей амплитуды параметров систем дыхания и кровообращения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следовательно, параметры функциональной мощности обладают характерными сингулярностями, которые устанавливаются формой привычной мышечной деятельности, причем как в состоянии покоя, так и после стандартной физической нагрузки, позволяющие использовать эти величины при экспликации модельных признаков функциональной подготовленности спортсменов.

Целедостижение дзюдоистами высокой квалификации сопрягаются увеличением объема работы при максимальной нагрузке за счет «роста» мощности звеньев кислород-транспортной системы и экономизации энергоемких компонентов с упором на продуктивность функционирования организма спортсменов.

Список литературы

1. Минко О. В. Особенности вегетативного обеспечения у юных спортсменов, специализирующихся в дзюдо и самбо. / О. В. Минко, Г. Д. Алексанянц // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – Т. 9, №4. – С. 82–86.
2. Чернова Т. С. Показатели функциональной подготовленности в обеспечении физической работоспособности спортсменов разной квалификации. / Т. С. Чернова, Г. Д. Алексанянц // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2017. – №1. – С. 71–80.
3. Погодина С. В. Потенциальные возможности организма детей, подростков и юношей при адаптации к физическим нагрузкам в спортивном плавании / С. В. Погодина, Г. Д. Алексанянц // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 45–54.
4. Овчаренко А. В. Некоторые показатели функциональной мощности у спортсменов специализирующихся в дзюдо / А. В. Овчаренко, Г. Д. Алексанянц // Тенденции развития науки и образования – 2022. – № 82. – С. 143–145.
5. Медведев Д. В. Физиологические факторы, определяющие физическую работоспособность человека в процессе многолетней адаптации к специфической мышечной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Медведев Д. В. – М., 2007. – 24 с.
6. Медведев Д. В. Физиологические факторы, обуславливающие физическую работоспособность пловцов на этапах многолетней подготовки / Д. В. Медведев, А. Д. Губанова, А. В. Кузнецов // Менеджмент и маркетинг в олимпийском движении. Актуальные проблемы и пути совершенствования. Материалы международной научно-практической конференции (Волгоград. 28-29 мая 2015 г.) – Волгоград: Принт, 2015. – С. 274–279.
7. Цапов Е. Г. Исследование адаптационных возможностей у спортсменов-дзюдоистов на этапе подготовки к соревнованиям / Е. Г. Цапов, Р. А. Козлов, Е. В. Коробейникова // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды. – Челябинск, 2018. – С. 346–351.

8. Terzis G. Muscle strength, body composition, and performance of an elite shot-putter / G. Terzis et al. // International journal of sports physiology and performance. – 2012. – Т. 7, № 4. – Р. 394–396.
9. Бугаец Я. Е. Интегральная оценка функционального состояния дзюдоистов / Я. Е. Бугаец, А. С. Гронская, Р. Р. Констанян // Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма. – 2021. – С. 38–42.
10. Прохоренко Н. П. Показатели сердечно-сосудистой системы у юношей и девушек, занимающихся дзюдо / Н. П. Прохоренко, Е. В. Лагойкин // Проблемы и перспективы развития современной медицины. – 2021. – Т. 6. – С. 47–50.
11. Пакуонин, С. Л. Функциональное состояние на этапе подведения дзюдоистов к пику спортивной формы / С. Л. Пакуонин, Г. И. Маханьков, В. Б. Перебейсов // Perspectives of world science and education. – 2019. – С. 108–117.
12. Воронов В. М. Прогнозирование и отбор в системе подготовки спортсменов, специализирующихся в смешанных единоборствах: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Воронов В. М. – Белгород, 2018. – 24 с.
13. Гронская А. С. Аэробная и анаэробная работоспособность боксеров в специальном подготовительном периоде тренировки / А. С. Гронская, Я. Е. Бугаец, К. А. Гандилян // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Физическое воспитание, спорт, физическая реабилитация и рекреация: проблемы и перспективы развития». – 2019. – С. 31–34.
14. Погодина С. В. Адаптация и функциональное состояния высококвалифицированных спортсменов в возрастном и половом аспектах / С. В. Погодина, Г. Д. Алексанянц // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 10. – С. 72–74.

PARAMETERS OF FUNCTIONAL POWER DURING STANDARD PHYSICAL LOAD IN JUDOKAS WITH DIFFERENT QUALIFICATIONS

Ovcherenko A. V.¹, Aleksanyants G. D.¹, Pogodina S. V.²

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

*²V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
E-mail: alexanyanc@mail.ru*

We studied the parameters of functional power after standard physical activity in athletes involved in judo. 31 athletes took part, qualifications from the first category to the master of sports. Age observed from 17 to 21 years. We studied the vital capacity of the lungs, maximum ventilation of the lungs, the strength of the respiratory muscles during inhalation and exhalation in the state of muscle rest and after standard physical activity in the PWC₁₇₀ test. We used an electronic spirometer, "Fucuda-3000", (Japan), pneumomanometer. The obtained data were statistically processed with the definition of Student's t-test.

The data obtained showed that with an increase in sports qualification, judokas develop external respiration indicators (vital lung capacity and maximum lung ventilation, $p < 0.001$). As for the strength of the respiratory muscles during inhalation and exhalation, the difference in the groups under consideration was not registered. After a standard physical load, a significant ($p < 0.05$) increase in power was noted in masters of sports in relation to athletes of the 2nd group. The parameter maximum oxygen consumption in

highly qualified athletes prevails by 11 % ($p < 0.001$). The oxygen pulse index is 16 % higher than in the athletes of the second group ($p < 0.01$).

Keywords: athletes, judo, functional capacity, physical standard load.

References

1. Minko O. V., Aleksanyanc G. D. Osobennosti vegetativnogo obespecheniya u yunyh sportsmenov, specializiruyushchihsya v dzyudo i sambo, *Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta*, **9**, **4**, 82 (2014).
2. Chernova T. S., Aleksanyanc G. D. Pokazateli funkcional'noj podgotovlennosti v obespechenii fizicheskoy rabotosposobnosti sportsmenok raznoj kvalifikacii, *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika*, **1**, 71 (2017).
3. Pogodina S. V., Aleksanyanc G. D. Potencial'nye vozmozhnosti organizma detej, podrostkov i yunoshej pri adaptacii k fizicheskim nagruzkam v sportivnom plavanii, *CHelovek. Sport. Medicina.*, **19**, **2**, 45 (2019).
4. Ovcherenko A. V., Aleksanyanc G. D. Nekotorye pokazateli funkcional'noj moshchnosti u sportsmenov specializiruyushchihsya v dzyudo, *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, **82**, 143 (Samara, 2022).
5. Medvedev D. V. *Fiziologicheskie faktory, opredelyayushchie fizicheskuyu rabotosposobnost' cheloveka v processe mnogoletnej adaptacii k specificheskoy myshechnoj deyatel'nosti*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.13., 24 s. (M., 2007).
6. Medvedev D. V., Gubanova A. D., Kuznecov A. V. Fiziologicheskie faktory, obuslavlivayushchie fizicheskuyu rabotosposobnost' plovcov na etapah mnogoletnej podgotovki, *Menedzhment i marketing v olimpijskom dvizhenii. Aktual'nye problemy i puti sovershenstvovaniya*. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Volgograd. 28-29 maya 2015 g.), (Volgograd: Print, 2015) p. 274.
7. Capov E. G., Kozlov R. A., Korobejnikova E. V. Issledovanie adaptacionnyh vozmozhnostej u sportsmenov-dzyudoistov na etape podgotovki k sorevnovaniyam, *Adaptaciya biologicheskikh sitem k estestvennym i ekstremal'nym faktoram sredy*, 346 (CHelyabinsk, 2018).
8. Terzis G. Muscle strength, body composition, and performance of an elite shot-putter, *International journal of sports physiology and performance*, **7**, **4**, 394 (2012).
9. Bugaec Y. E., Gronskaya A. S., Konstyan R. R. Integral'naya ocenka funkcional'nogo sostoyaniya dzyudoistov, *Perspektivnye napravleniya v oblasti fizicheskoy kul'tury, sporta i turizma*, 38 (Nizhnevartovsk, 2021).
10. Prohorenko N. P., Lagojkin E. V. Pokazateli serdechno-sosudistoj sistemy u yunoshej i devushek, zanimayushchihsya dzyudo, *Problemy i perspektivy razvitiya sovremennoj mediciny*, **6**, 47 (Gomel', 2021).
11. Pakuoin S. L., Mahan'kov G. I., Perebejsov V. B. Funkcional'noe sostoyanie na etape podvedeniya dzyudoistov k piku sportivnoj formy, *Perspectives of world science and education*, 108 (Osaka, 2019).
12. Voronov V. M. *Prognozirovanie i otbor v sisteme podgotovki sportsmenov, specializiruyushchihsya v smeshannyh edinoborstvah*: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk: 13.00.04, 24 s. (Belgorod, 2018).
13. Gronskaya A. S., Bugaec Y. E., Gandilyan K. A. *Aerobnaya i anaerobnaya rabotosposobnost' bokserov v special'nom podgotovitel'nom periode trenirovki*, Materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Fizicheskoe vospitanie, sport, fizicheskaya rehabilitaciya i rekreaciya: problemy i perspektivy razvitiya», 31 (2019).
14. Pogodina S. V., Aleksanyanc G. D. Adaptaciya i funkcional'noe sostoyaniya vysokokvalificirovannyh sportsmenov v vozrastnom i polovom aspektah, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, **10**, 72 (2017).

УДК 612.819.91

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА БАСКЕТБОЛИСТОВ СТУДЕНЧЕСКОЙ ЛИГИ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Погодина С. В., Погодин А. А., Юферев В. С.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: sveta_pogodina@mail.ru*

Обследованы баскетболисты студенческих лиг ассоциации студенческого баскетбола 19-27 лет, имеющие разную спортивную квалификацию. Исследование variability сердечного ритма проведено с применением реографического метода при использовании восьмиканального тетраполярного реографа РЕОКОМ Стандарт. При изучении variability сердечного ритма в условиях выполнения анаэробно-аэробного порогового режима работы с интенсивностью частоты сердечных сокращений в диапазоне 170-185 ударов в минуту у игроков, имеющих относительно низкую спортивную квалификацию (разрядники и кандидаты в мастера спорта), выявлено усиление симпатических и снижение парасимпатических модулирующих влияний на сердечный ритм. У высококвалифицированных баскетболистов студенческой лиги установлен эффект отсутствия снижения парасимпатического тонуса при высокоинтенсивной нагрузке.

Ключевые слова: регуляция сердечного ритма, симпато-парасимпатические взаимодействия, баскетболисты студенческой лиги, уровень квалификации, пороговый режим работы.

ВВЕДЕНИЕ

В игровых видах спорта, где выражены переменный характер работы, ситуативная интенсивность игровой деятельности и высокое эмоциональное возбуждение, актуальным является исследование вегетативной нервной регуляции адаптационных систем [1], так как сбалансированная вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы (ССС) позволяет спортсмену в условиях высокоинтенсивной нагрузки максимально использовать кардиальные резервы и экономизировать энерготраты [2]. Индикатором нервной регуляции функций ССС является сердечный ритм [3] в котором определяются преобладающие влияния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [4]. В состоянии покоя влияние обоих отделов на сердце уравновешено. При интенсивной нагрузке растет активность симпатического и падает активность парасимпатического отдела, что обуславливает повышение частоты сердечных сокращений (ЧСС). В данном случае механизм повышения ЧСС связан с комбинацией двух факторов – устранение ингибирующего влияния парасимпатического тонуса и усиления адренергической регуляции [5–7]. В то же время в условиях интенсивной нагрузки у высокотренированных «выносливых» спортсменов показано отсутствие эффекта снижения парасимпатического тонуса либо его усиление, что по мнению ряда специалистов [8–10] является

благоприятным критерием изменений в регуляторных механизмах адаптации. В баскетболе, и особенно, в студенческом, разработка критериального аппарата оценки регуляции вегетативных функций является крайне актуальной, так как в студенческих сборных командах играют спортсмены разного квалификационного уровня [11], что требует дифференцированного контроля параметров нагрузки и адаптации. В связи с этим анализ вегетативных регуляторных алгоритмов у баскетболистов студенческой лиги разной квалификации позволит прогнозировать функциональные возможности игроков на этапах подготовки в студенческом спорте. Цель – определение особенностей variability сердечного ритма баскетболистов студенческой лиги разной квалификации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы баскетболисты студенческих лиг ассоциации студенческого баскетбола (АСБ) 19–27 лет ($n=34$), имеющие разную спортивную квалификацию – разрядники (игроки взрослых разрядов, $n=20$), кандидаты в мастера спорта (КМС, $n=8$), мастера спорта (МС, $n=6$). Исследование variability сердечного ритма (ВСР) проводили реографическим методом с использованием восьмиканального тетраполярного реографа РЕОКОМ Стандарт. Статистическому анализу были подвергнуты частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), стандартное отклонение средних значений NN интервалов (SDANN), квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс), число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве ($pNN50$, n). Спектральный анализ волновой структуры ВСР применялся для определения мощности (mc^2) волн различной частотной характеристики: с высокочастотными колебаниями (HF), низкочастотными колебаниями (LF) и колебаниями очень низкой частоты (VLF). Коэффициент вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, %) определяли по отношению средних значений низкочастотного и высокочастотного компонентов ВСР. Геометрический анализ применяли для определения показателей моды (Mo), амплитуды моды (aMo), индекса напряжения регуляторных систем (ИН). Показатели изучались в состоянии покоя и в стандартном велоэргометрическом ступенчато-возрастающем тесте [13], в котором предусматривалось выполнение не менее 5 минут работы в пороговых режимах нагрузки (W): аэробном (W_1 – 60–75 Вт, ЧСС – 120–130 уд/мин), аэробно-анаэробном (W_2 – 120–150 Вт, ЧСС 150–160 уд/мин), анаэробно-аэробном (W_3 – 180–220 Вт, ЧСС – 170–185 уд/мин). Исследования проведены в подготовительном периоде годичного тренировочного процесса при добровольном информированном согласии игроков. Цифровой материал обрабатывался на персональном компьютере с использованием пакета программ STATISTICA 10.0. Проверка нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Далее вычисляли среднее значение (s) исследуемых величин и ошибку среднего арифметического (sX). Статистически значимые различия определялись с помощью t-критерия Стьюдента при значимости $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение ВСР у баскетболистов студенческой лиги позволило получить характеристики регуляторных взаимодействий вегетативных параметров в условиях исходного состояния покоя и при выполнении пороговых режимов работы. Значительные сдвиги большинства исследуемых параметров и их достоверные различия относительно исходного состояния зарегистрированы на уровне работы в анаэробно-аэробном режиме, и в меньшей степени видны изменения в аэробно-анаэробном и аэробном режимах (таблица 1). В данных условиях отмечены сдвиги спектральных и статистических показателей ВСР, характеризующие вегетативные реакции на уровнях симпатической и парасимпатической регуляции.

Таблица 1.
Значения ($s \pm sX$) показателей ВСР баскетболистов в исходном состоянии покоя и при выполнении пороговых режимов работы (W)

Параметры	Покой	W ₁	W ₂	W ₃
Разрядники				
SDANN, мс	69,4±3,58	61,4±1,06	59,4±2,31*	46,8±4,01*
RMSSD, мс	63,6±6,12	53,2±2,23	44,6±2,12*	34,5±2,57**
pNN50, %	18,8±1,51	18,1±1,32	16,8±1,24	15,1±1,30*
Mo, мс	725,0±28,12	698,2±16,11	625,2±18,42	515,0±26,5*
AMo, %	83,5±3,72	89,4±4,79	113,5±4,38**	131,4±6,18***
ИИ, усл. ед.	202,5±7,71	215,8±6,23	252,5±5,67	296,1±13,10*
VLF, мс ²	1286,2±19,31	1343,2±14,35	1386,2±10,26	1503,1±17,16*
LF, мс ²	1398,0±13,75	1566,3±16,32	1589,4±16,98	1666,0±16,38*
HF, мс ²	681,3±12,09	536,7±19,81	542,6±19,54	487,7±12,82*
LF/HF	2,05±0,11	2,9±0,08*	2,9±0,07*	3,03±0,12*
КМС				
SDANN, мс	78,4±3,98	73,6±2,02	68,1±2,08	56,4±4,38*
RMSSD, мс	92,4±6,40	84,9±3,57	72,2±4,83	60,1±5,74*
pNN50, %	25,8±1,57	25,2±2,07	21,8±1,14	19,4±±1,90*
Mo, мс	1015,1±17,8	1000,3±13,3	914,8±13,8	835,0±19,63*
AMo, %	32,8±5,10	39,2±3,85	52,8±3,20*	66,2±4,42**
ИИ, усл. ед.	164,4±6,02	169,2±3,87	174,8±3,45	197,6±5,75*

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ...

Продолжение таблицы 1

Параметры	Покой	W ₁	W ₂	W ₃
VLF, мс ²	1176,8±13,51	1267,4±10,30	1399,2±12,93*	1417,4±16,39*
LF, мс ²	1327,4±15,65	1527,4±15,62	1530,3±13,04	1555,0±19,24*
HF, мс ²	1491,2±14,33	1491,9±14,57	1453,2±19,09	1186,8±12,01*
LF/HF	0,89±0,26	1,02±0,09	1,05±0,01*	1,31±0,25*
МС				
SDANN, мс	103,0±9,13	100,8±7,73	93,5±7,19	88,0±3,72
RMSSD, мс	165,65±7,5	162,35±8,02	154,94±7,1	148,0±4,58
pNN50, %	67,8±1,08	65,4±1,15	60,1±1,16*	60,6±1,7*
Mo, мс	825,0±7,45	823,3±6,89	800,47±7,91	800,0±9,51
AMo, %	67,5±6,70	64,2±6,53	60,7±4,85	61,8±3,70
ИИ, усл. ед.	74,3±6,01	79,6±5,83	84,2±4,81	93,3±12,1
VLF, мс ²	1100,3±15,5	1190,7±12,95	1182,1±10,16	1255,5±19,4
LF, мс ²	3530,3±13,04	3898,05±13,74	3810,5±12,67	4030,3±12,5**
HF, мс ²	3653,5±19,02	3567,9±18,07	3540,5±18,23	3606,8±19,74
LF/HF	0,96±0,09	1,09±0,11	1,07±0,14	1,11±0,11

Примечание – *p<0,05, **<0,01, ***p<0,001 по отношению к исходному уровню.

Так, у игроков разрядников и КМС установлено достоверное повышение мощности LF-волн, значимое снижение мощности HF-волн (рисунок 1) и увеличение индекса вагосимпатического равновесия LF/HF, что говорит о преобладании симпатических влияний и усилении централизации в управлении сердечным ритмом. При таком характере вегетативной регуляции определяется достоверное снижение ключевого показателя variability – SDANN и показателя Mo, повышение мощности VLF-волн, рост показателей aMo и ИИ, что свидетельствует об относительном напряжении регуляторных механизмов.

У спортсменов МС выявляется сравнительно высокая мощность всех спектральных показателей волновой структуры ВСР, меньшая степень снижения мощности VLF-волн и отсутствие достоверных различий в величинах мощности HF-волн на высокоинтенсивном пороге нагрузки, то есть отсутствие снижения парасимпатических влияний по отношению к исходному состоянию (рисунок 1 А). При данном варианте регуляции достоверное снижение показателей SDANN и Mo не выявляется, показатели aMo и ИИ значимо не увеличиваются, а индекс LF/HF достоверно снижается, что по критериям здоровья Баевского Р. М. [3] соответствует высокому адаптационному уровню. Такие статистические показатели высококвалифицированных игроков, как RMSSD и pNN50, характеризующие активность парасимпатического отдела ВНС, во время нагрузки также значимо не изменяются. Таким образом, для игроков высокого уровня квалификации

характерным является вариант нервной регуляции при котором не выявляется эффект снижения парасимпатического тонуса при пороговой ЧСС 170–185 уд/мин. На первый взгляд выявленный эффект не согласуется с представлением о регуляторных механизмах адаптации, обеспечивающих повышение ЧСС. Тем не менее, в ряде научных публикаций показано, что снижение парасимпатического тонуса при нагрузке может происходить при разной величине ЧСС, зависящей от функционального уровня ССС. Так, анализ математической модели изменчивости кардиоинтервалов, полученных при нагрузочном тестировании позволил Похачевскому А. Л. [10] определить ЧСС при которой снижается показатель variability (SDANN) и происходит ускользание сердечной мышцы от парасимпатического контроля. У нетренированных лиц эта точка регистрируется при 135 уд/мин, а у высококвалифицированных при достижении 170 уд/мин, то есть фактически при анаэробно-аэробном пороге нагрузке, что по мнению автора является благоприятным признаком адаптации.

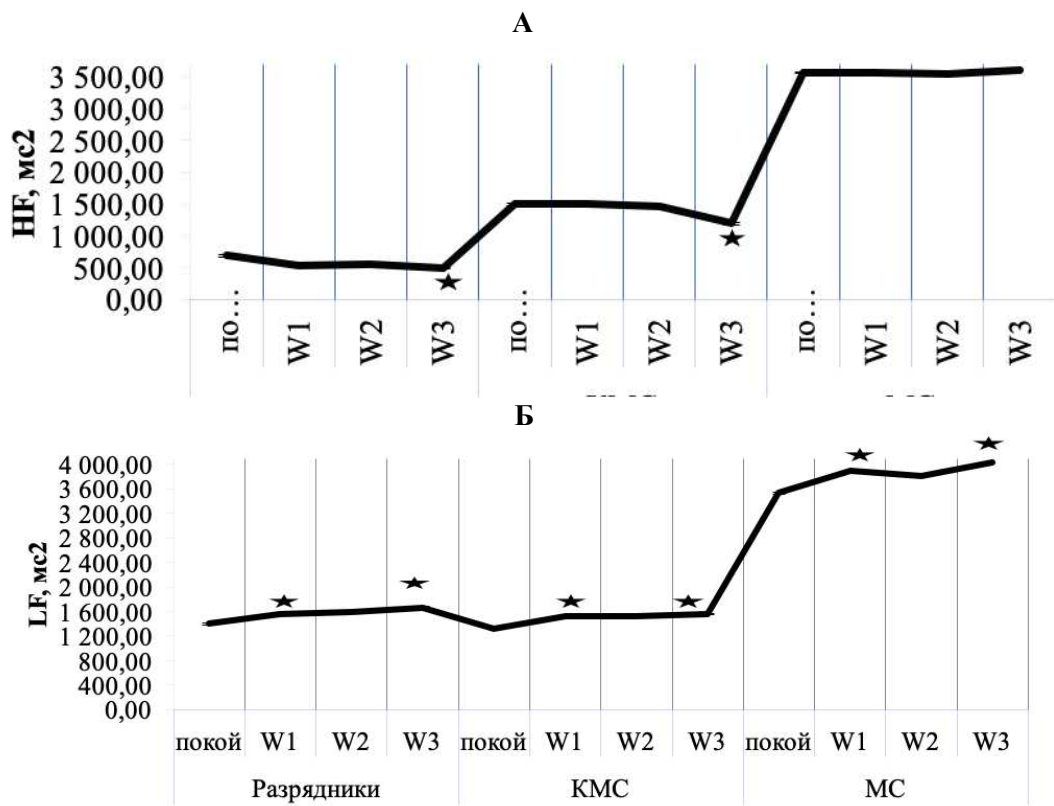


Рис. 1. Динамика параметров мощности HF-волн (А) и LF-волн (Б) у баскетболистов студенческой лиги при выполнении работы в пороговых режимах (W).
Примечание: ★ Достоверность указана по отношению к исходному состоянию.

В то же время подобный эффект, выявленный авторами [11] у марафонцев, рассматривался как нарушение вегетативной регуляции ритма сердца и признак срыва кардиальных механизмов и в частности механизма Франка-Старлинга. Отмечалось, что такой вариант срочной адаптации к продолжительной напряженной нагрузке может приводить к состоянию фибрилляции. Очевидно, что существуют пороговые уровни ЧСС при которых парасимпатический контроль сердечной мышцы является безопасным и не вызывает выраженных функциональных нарушений миокарда [14]. Превышение этого порога требует перехода на симпатическую и адренергическую регуляцию, обеспечивающую усиление сократительной способности миокарда при развивающихся явлениях гипоксии нагрузки. В пользу данного предположения говорят установленные закономерности срочной адаптации высококвалифицированных спортсменов и концепция антигипоксических функциональных систем (АФС) [15], которые достигают антигипоксического эффекта за счет интенсификации деятельности эффекторов (увеличение ЧСС и ударного объема сердца) не увеличивая, а снижая тем самым энергетические траты. В качестве ведущих компонентов АФС выступают тормозные системы центрального нервного аппарата и релаксационные процессы нервной и мышечной регуляции. Вероятно, что установленный нами эффект отсутствия снижения парасимпатического тонуса при высокоинтенсивной нагрузке у высококвалифицированных баскетболистов студенческой лиги связан с высокой активностью антигипоксического механизма адаптации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях анаэробно-аэробного порогового режима работы для баскетболистов студенческой лиги сравнительно низкого квалификационного уровня (взрослых разрядов, КМС) характерен вариант вегетативной регуляции сердечного ритма, при котором усиливается активность симпатических и снижается активность парасимпатических модулирующих влияний на миокард. Для игроков студенческой лиги высокого уровня квалификации (МС) характерен эффект отсутствия снижения парасимпатических влияний на сердечный ритм при пороговой ЧСС 170–185 уд/мин. Выявленный эффект можно использовать в качестве критерия, свидетельствующего о высоких функциональных возможностях ССС игроков, а также о стратегической перспективе отбора таких баскетболистов для участия в соревнованиях высокого ранга АСБ.

Список литературы

1. Коломиец О. И. Исследование вегетативной реактивности юношей-игроков в настольный теннис с различным стилем игры / О. И. Коломиец // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 7 (101). – С. 72–78.
2. Eckberg D. L. Sympathovagal balance: a critical appraisal / D. L. Eckberg // Circulation. – 1997. – № 96. – P. 3224–3232.
3. Баевский Р. М. Концепция физиологической нормы и критерий здоровья / Р. М. Баевский // Российский физиологический журнал им. Сеченова. – 2003. – Т. 89, № 4. – С. 473–487.

4. Горст В. Р. Рассогласование ритмов сердечно-сосудистой и дыхательной систем при максимальных физических нагрузках / В. Р. Горст, Н. А. Горст, М. В. Полукова [и др.] // Астраханский медицинский журнал. – 2011. – Т. 6, № 2. – С. 242–244.
5. Buchheit M. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function / M. Buchheit, A. Chivot, J. Parouty [et al.] // European Journal of Applied Physiology. – 2010. – Vol. 108. – P. 1153–1167.
6. Carter J. R. Sympathetic neural adaptations to exercise training in humans / J. R. Carter, C. A. Ray // Autonomic Neuroscience. – 2014. – Vol. 188. – P. 36–43.
7. Goldberger, J. J. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise / J. J. Goldberger, F. Kiet Le, M. Lahiri [et al.] // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. – 2006. – Vol. 290. – P. H2446–H2452.
8. Кудря О. Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О. Н. Кудря, Л. Е. Белова, Л. В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 356. – С.162–166.
9. Погодина С. В. Физиологические особенности сердечно-сосудистой системы у спортсменов мужского пола в возрасте 17–46 лет / С. В. Погодина, В. С. Юферева, Г. Д. Алексанянц // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2015. – № 1 (154). – С. 36–48.
10. Похачевский А. Л. Оценка функционального состояния по кардиоритмограмме при велоэргометрии / А. Л. Похачевский // Физиология человека. – 2007. – Т.33, №6. – С. 117–119.
11. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
12. Соколов Н. Г. Роль ассоциации студенческого баскетбола в развитии баскетбола в России / Н. Г. Соколов, В. П. Овчинников, М. Б. Фарберов // В сборнике: Физическая культура в образовательном пространстве России: состояние и перспективы развития. – 2017. – С. 169–172.
13. Белоцерковский З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З. Б. Белоцерковский – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.
14. Ванюшин Ю. С. Порог адекватной гемодинамической реакции у спортсменов при физической нагрузке повышающейся мощности / Ю. С. Ванюшин, Р. Р. Хайруллин, М. И. Рахимов // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 9. – С. 53–55.
15. Высочин Ю. В. Современные представления о физиологических механизмах срочной адаптации организма спортсменов к воздействию физических нагрузок / Ю. В. Высочин, Ю. П. Денисенко // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 7. – С. 2–5.

FEATURES OF HEART RATE VARIABILITY OF BASKETBALL PLAYERS OF THE STUDENT LEAGUE OF DIFFERENT QUALIFICATIONS

Pogodina S. V., Pogodin A. A., Yufereva V. S.

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

In game sports, where the variable nature of work is expressed, the situational intensity of gaming activity and high emotional excitement, it is relevant to study the autonomic nervous regulation of the functions of the cardiovascular system. Studied basketball players of the student leagues of the student basketball association of 19–27 years, having different sports qualifications – from adult ranks and to the level of master of sports. The study of heart rate variability was carried out using the rheographic method using the eight-channel REOCOM Standard tetrapolar rheograph. The main load test was the bicycle ergometric standard test of a step-up load. The results are processed using

parametric statistical methods. In the process of investigating the problem of the optimality of sympathetic-parasympathetic interactions in the regulation of the heart rhythm of the basketball students of the student league, the features of these interactions among players of different skill levels are revealed. The analysis of changes in the spectral, statistical and geometric parameters of heart rate variability characterizing the changes in sympathetic-parasympathetic regulatory influences on the heart rhythm under conditions of threshold loading regimes relative to the initial resting level was carried out. When studying the variability of the heart rhythm under conditions of anaerobic-aerobic threshold operation with heart rate intensity in the range of 170–185 beats per minute, players with relatively low sports qualifications (dischargers and candidates for master of sports) showed an increase in sympathetic and decreased parasympathetic modulating effects on the heart rhythm. Highly qualified basketball students of the student league (masters of sports) have the effect of not reducing parasympathetic tone with a high intensity load. In the conditions of the anaerobic-aerobic threshold mode of operation for basketball players of the student league of a relatively low qualification level, a variant of autonomic regulation of the heart rhythm is characteristic, in which the activity of sympathetic and parasympathetic modulating influences on the myocardium increases and decreases. The effect of the absence of a decrease in parasympathetic effects on the heart rate at a threshold heart rate of 170–185 beats/min is characteristic for the players of the high-level student league. The revealed effect can be used as a criterion indicating the high functionality of the CCC players, as well as the strategic prospect of selecting such basketball players to participate in high-ranking competitions of the ASB.

Keywords: heart rate regulation, sympatho-parasympathetic interactions, basketball players of the student league, skill level, threshold mode of work.

References

1. Kolomic O. I. Issledovanie vegetativnoj reaktivnosti yunoshej-igrokov v nastol'nyj tennis s razlichnym stilem igry, *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, **7** (101), 72 (2013).
2. Eckberg D. L. Sympathovagal balance: a critical appraisal, *Circulation*, **96**, 3224 (1997).
3. Baevskij R. M. Konceptiya fiziologicheskoy normy i kriterij zdorov'ya, *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. Sechenova*, **89**, **4**, 473 (2003).
4. Gorst V. R., Gorst N. A. Polukova M. V. Rassoglasovanie ritmov serdechno-sosudistoj i dyhatel'noj sistem pri maksimal'nyh fizicheskikh nagruzkah, *Astrahanskij medicinskij zhurnal*, **6**, **2**, 242 (2011).
5. Buchheit M., Chivot A., Parouty J. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function, *European Journal of Applied Physiology*, **108**, 1153 (2010).
6. Carter J. R., Kiet Le J. R., Ray C. A. Sympathetic neural adaptations to exercise training in humans, *Autonomic Neuroscience*, **188**, 36 (2014).
7. Goldberger J. J., Lahiri M. F. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise, *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, **290**, H2446 (2006).
8. Kudrya O. N., Belova L. E., Kapilevich L. V. Adaptaciya serdechno-sosudistoj sistemy sportsmenov k nagruzkam raznoj napravlenosti, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, **356**, 162 (2012).
9. Pogodina S. V., Yuferev V. S., Aleksanyanc G. D. Fiziologicheskie osobennosti serdechno-sosudistoj sistemy u sportsmenov muzhskogo pola v vozraste 17–46 let, *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*, **1** (154), 36 (2015).
10. Pohachevskij A. L. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya po kardioritmogramme pri veloergometrii, *Fiziologiya cheloveka*, **33**, **6**, 117 (2007).
11. Meerson F. Z., Pshennikova M. G. *Adaptaciya k stressornym situacijam i fizicheskim nagruzkam*, 256 s. (M.: Medicina, 1988).

12. Sokolov N. G., Ovchinnikov V. P., Farberov M. B. Rol' associacii studencheskogo basketbola v razvitii basketbola v Rossii v sbornike: *Fizicheskaya kul'tura v obrazovatel'nom prostranstve Rossii: sostoyanie i perspektivy razvitiya*, 169 (2017).
13. Belocerkovskij Z. B. *Ergometricheskie i kardiologicheskie kriterii fizicheskoj rabotosposobnosti u sportsmenov*, 312 s. (M.: Sovetskij sport, 2005).
14. Vanyushin Y. S., Hajrullin R. R., Rahimov M. I. Porog adekvatnoj gemodinamicheskoj reakcii u sportsmenov pri fizicheskoj nagruzke povyshayushchejsya moshchnosti, *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, **9**, 53 (2016).
15. Vysochin Y. V., Denisenko P. Sovremennye predstavleniya o fiziologicheskikh mekhanizmah srochnoj adaptacii organizma sportsmenov k vozdeystviyu fizicheskikh nagruzok, *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, **7**, 2 (2002).

УДК 582. 33/34

БРИОФЛОРА ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИДОНСКОГО МЕЛОВОГО РАЙОНА СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Попова Н. Н.

*ФГБОУ ВО «Воронежская государственная академия спорта», Воронеж, Россия
E-mail: leskea@vmail.ru*

В статье представлены материалы по бриофлоре действующих, проектируемых и перспективных охраняемых территорий Придонского мелового ландшафтного района северной лесостепи, расположенного на северо-западе Воронежской области к востоку от р. Дон. Изучены все действующие ООПТ (5 комплексных заказников и 20 памятников природы), а также перспективные объекты; всего – около 70-ти. В составе бриофлоры выявлено 142 вида, из них 16 видов занесено в Красную книгу Воронежской области. Даны рекомендации по оптимизации сети ООПТ в целях повышения уровня репрезентативности.

Ключевые слова: бриофлора, видовое разнообразие, лесостепь, Красная книга, памятники природы, редкие виды, репрезентативность.

ВВЕДЕНИЕ

С формальной точки зрения территориальную охрану биоразнообразия в Воронежской области можно считать вполне удовлетворительной – 2 государственных природных биосферных заповедников, 2 заказника федерального значения, 16 заказников регионального значения, 5 природных парков и более 180 памятников природы. Учитывая обилие охраняемых объектов, произвольную трактовку профиля, неясность границ некоторых ООПТ, не всегда удается определить их реальную природоохранную значимость. Одним из перспективных, направлений в систематизации ООПТ является ландшафтно-экологический подход. На примере мохообразных, которые изучаются нами более тридцати лет, предпринята попытка проанализировать видовое разнообразие мхов существующих и проектируемых ООПТ такого естественного выдела как ландшафтный район. Целью данного исследования является оценка репрезентативности сети ООПТ Придонского мелового ландшафтного района северной лесостепи Среднерусской возвышенности и ее роли в сохранении типичных и уникальных бриофлористических комплексов.

Придонской меловой ландшафтный район северной лесостепи Среднерусской возвышенности, площадью 10741 км², расположен на правом берегу Дона между долинами рек Сновы на севере и Тихой Сосны на юге (Рис. 1). Северная граница района совпадает с границей выходов верхнемеловых отложений палеогена и северной границей распространения типичного чернозема. Западная граница выражена менее резко – она проходит по водоразделу между реками Доном и

Осколом; южная – между типичной и южной лесостепью; с востока район ограничен рекой Дон [1]. В административном плане в состав района входят Нижнедевицкий, Семилукский, Репьевский, Хохольский районы, а также западная часть Рамонского и северная часть Острогожского районов.

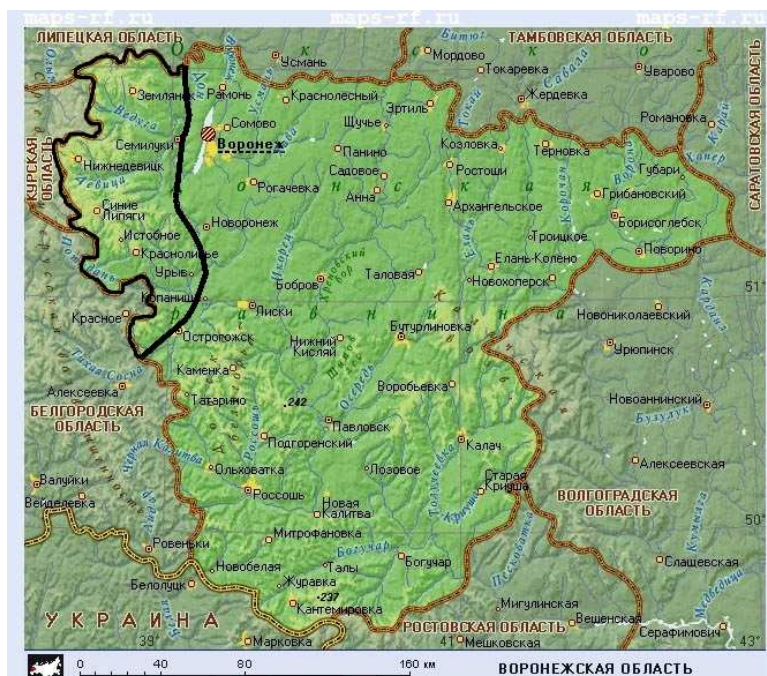


Рис. 1. Придонской меловой ландшафтный район.

Придонской меловой ландшафтный район отличается значительной овражно-балочной расчлененностью и обилием меловых обнажений туронского и сеноманского ярусов со специфической кальцефитно-петрофитной флорой, причем, в отличие от более южных меловых районов, здесь представлены так называемые «сниженные альпы» – низкоосоково-проломниковые группировки, насыщенные редкими и реликтовыми видами [1]. Классическим местом сосредоточения реликтовой флоры являются охраняемые урочища Майдан и Мордва с остатками «мелового бора» из сосны меловой. Естественная растительность района претерпела сильнейшую антропогенную трансформацию. Особенно это касается степных сообществ на пологих склонах балок, которые интенсивно выпасаются и распахиваются; плакорных степей не сохранилось совсем. В прошлом район был достаточно облесен; в настоящее время его лесистость составляет 7,6 %. Довольно широко распространены заболоченные поймы рек, занятые ольшаниками и низинными болотами. Болота в настоящее время большей частью осушены, разработаны на торф или трансформированы в малопродуктивные пастбищные или сенокосные угодья.

На территории Придонского мелового ландшафтного района сеть ООПТ развита достаточно хорошо [2] и представлена пятью государственными

природными заказниками («Землянский», «Семилукский», «Краснолиповский», «Степная балка в окр. с. Острянка», «Родники»), двадцатью памятниками природы областного значения (Рис. 2).

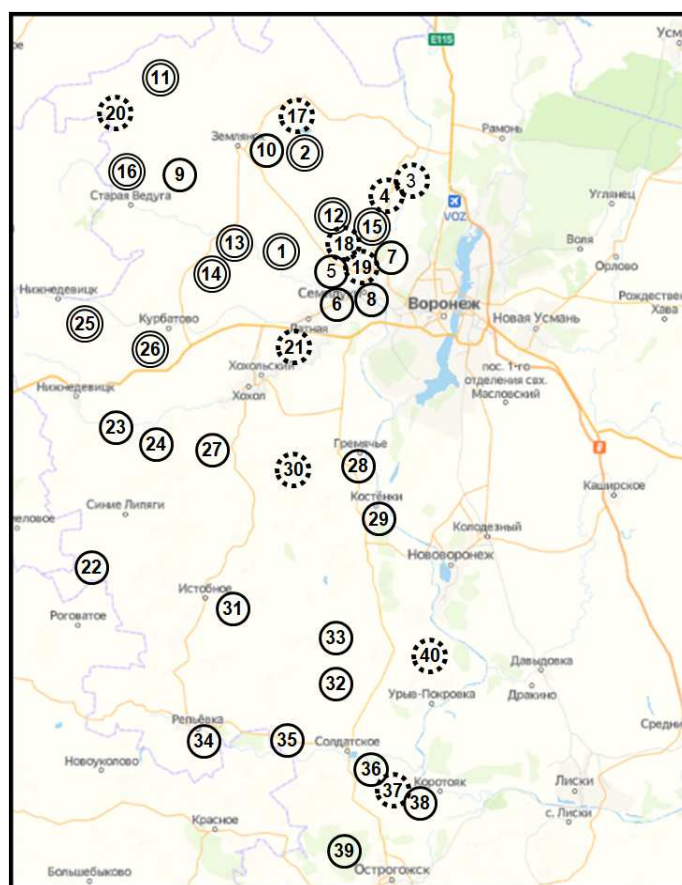


Рис. 2. Действующие (одинарный контур), проектируемые (двойной) и перспективные (точечный) ООПТ на территории Придонского мелового ландшафтного района.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сборы мохообразных проводились маршрутным методом начиная с 1982 по 2021 годы. Камеральная обработка осуществлялась с применением общепринятых бриологических методик. Идентифицировано около 700 образцов. Гербарные сборы хранятся в фондовой гербарии заповедника «Галичья гора» (VU). Бриологические материалы по Придонскому меловому району отражены в ряде публикаций [3, 4]. Бриофлора государственных заказников Воронежской области, а также старинных усадебных парков, находящиеся на территории изучаемого ландшафтного района, охарактеризована в отдельных статьях [5, 6]. Действующие и перспективные гидрологические памятники природы, в которых объектами охраны являются

исключительно водные экосистемы в данной статье не рассматриваются (например, участки рек Дон и Потудань, Острогжские плавни в Острогжском районе и озера Кременчуг, Жировское, Погоново в Хохольском районе).

Номенклатура видов дана по сводкам мхов и печеночников России [7, 8]. Материалы, характеризующие бриофлору ООПТ, сгруппированы по административным районам в направлении с севера на юг. Сначала анализируются параметры видового богатства существующих ООПТ [2], затем проектируемых [9]. В рубрике «перспективные памятники природы» приводятся объекты, предлагаемые к охране автором статьи. Пронумерованы действующие ООПТ, а также наиболее ценные перспективные и рекомендуемые ООПТ (Рис. 2). Для изученных ООПТ указаны: краткие установочные данные [10], видовое разнообразие (далее ВР); перечислены редкие и интересные виды, их краткая характеристика дана в аннотированном списке; виды, занесенные в региональную Красную книгу [11] помечены звездочкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав мохообразных Придонского мелового ландшафтного района

Аннотированный список мохообразных Придонского мелового ландшафтного района сгруппирован на 3 блока: 1) частые и обильные виды; 2) виды спорадического распространения и умеренно обильные; 3) редкие виды, занесенные в Красную книгу области [11]. Для каждого вида в круглых скобках отмечен порядковый номер охраняемой территории в соответствии с текстом, что позволяет, при необходимости, установить состав бриофлоры каждого объекта. Местонахождения вне указанных категорий объектов: 42 – с. Староникольское, с. Яблочное, 44 – с. Орловка, 45 – с. Еманча-1 Хохольского района; 46 – с. Вязноватовка, 47 – с. Глазово, 48 – с. Першино Нижнедевицкого района; 49 – пос. Питомник, 50 – с. Медвежье, 51 – с. Кондрашовка, 52 – с. Гнилуша Семилукского района; 52 – с. Нижняя Верейка, 53 – с. Большая Верейка Рамонского района; 54 – хут. Лобкин, 55 – с. Новая Осиновка Острогжского района; 56 – с. Репьевка Репьевского района.

Таблица 1

Частые, обильные, антропоустойчивые виды

Вид	Пункты
<i>Abietinella abietina</i> M. Fleisch.	2, 4, 7, 10, 14 – 19, 21 – 23, 29 – 37, 39, 40
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Bruch et al.	1, 2, 4 – 22, 24, 27, 31 – 33, 36, 37, 39, 40
<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	5, 6, 7, 9, 10, 16, 29, 40, 50
<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	1 – 40
<i>Brachytheciastrum velutinum</i> (Hedw.) Ignatov et Huttunen	1, 4, 7, 8, 9, 12, 14, 17, 22, 29, 31, 37, 39, 40
<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Bruch et al.	4, 7, 10, 14, 15, 18 – 21, 37
<i>B. campestre</i> (Muell. Hal.) Bruch et al.	1, 2, 4 – 8, 10, 12 – 23, 26, 27, 29 – 40
<i>B. mildeanum</i> (Schimp.) Schimp.	3, 6, 7, 13, 14, 16, 19, 24, 25, 27, 28, 32, 35, 37
<i>B. rutabulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	6, 7, 10, 13, 14, 18, 19, 24, 27, 32, 34, 37
<i>B. salebrosum</i> (F. Weber et D. Mohr.) Bruch et al.	1, 2, 4, 6 – 22, 24, 27, 29, 30 – 33, 36, 37, 39, 40

<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	3 – 5, 7, 8, 10 – 13, 16 – 18, 20 – 24, 27 – 35, 37, 40
<i>B. caespiticium</i> Hedw.	2, 4, 5, 6, 10, 13, 15 – 18, 20 – 23, 26, 29 – 40
<i>B. creberrimum</i> Taylor	10, 13, 19, 24, 33, 34, 37, 45
<i>B. moravicum</i> Podp.	2, 4, 7, 8, 10, 13 – 19, 29, 31, 32, 36, 37, 39, 40
<i>B. pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P. Gaerth.	10, 12, 13, 16, 21, 24, 27, 33, 35, 37, 56
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	1 – 40
<i>Didymodon fallax</i> (Hedw.) R.H. Zander	16, 19, 22, 23, 29 – 31, 33, 34 – 38, 40
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst.	3, 7, 19, 21, 24, 31 – 33, 35, 37
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	7, 10, 13, 19, 21, 24, 27
<i>Hygroamblystegium humile</i> (P. Beauv.) Vanderp., Goffinet et Hedenaes	3, 10, 8, 19, 24, 25, 27, 31, 33, 42, 52
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	2, 4, 7, 8, 10 – 12, 14, 16, 18, 20, 27, 29, 31, 32, 39, 40
<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	3, 6, 7, 10, 12 – 14, 16, 19, 21, 24, 25, 27, 28, 31 – 33, 35, 37, 55, 56
<i>Leskea polycarpa</i> Hedw.	1, 2, 4, 6 – 22, 24, 27, 29 – 33, 36, 37, 39, 40
<i>Nygmomiella obtusifolia</i> (Brid.) Holmen et E. Warncke	2, 4, 7, 8, 10, 12 – 14, 20, 24, 27, 29, 39
<i>Orthotrichum pallens</i> Sw. ex anon	2, 9, 10, 29 – 31, 37, 39
<i>O. pumilum</i> Sw. ex anon.	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10 – 15, 18, 24, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 40
<i>Lewinskya speciosa</i> (Nees) F. Lara, Fariletti et Groffinet	1 – 4, 6 – 9, 11 – 14, 16 – 21, 27, 29 – 33, 36, 37, 39
<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske	1 – 23, 27, 29 – 40
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T.J. Kop.	4, 6, 7, 8, 10, 12 – 14, 16 – 21, 27, 29, 31 – 33, 36, 37, 39, 40
<i>Platygyrium repens</i> (Brid.) Bruch et al.	2, 4, 10, 12, 15, 17, 21, 31, 33, 37, 39
<i>Pohlia melanodon</i> (Brid.) A.J. Shaw	7, 24, 25, 35, 40, 52, 56
<i>P. nutans</i> (Hedw.) Lindb.	7, 18, 21, 24
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	7, 10, 18, 20, 21
<i>P. piliferum</i> Hedw.	4, 7, 10, 15, 19, 20, 2
<i>Pseudoleskeella nervosa</i> (Brid.) Nyholm	4, 7, 10, 14, 16, 17, 27, 29 – 31, 34, 36, 37, 39, 40
<i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Bruch et al.	1, 2, 4, 6 – 22, 24, 27, 29 – 33, 36, 37, 39, 40
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i> (Starke) Ignatov et Huttunen	6, 7, 14, 16, 17, 20, 32, 39, 40
<i>Stereodon pallescens</i> (Hedw.) Mitt	2, 4, 6 – 8, 10, 12, 16 – 18, 20, 21, 27, 29, 31 – 33, 37, 39, 40
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F. Weber et D. Mohr.	2, 4 – 6, 10, 15, 16, 18, 19, 21 – 23, 29 – 40
<i>Tortula acaulon</i> (With.) R.H. Zander	2 – 4, 8, 16 – 18, 22, 23, 26, 29, 31, 34, 35, 39 – 40, 54

Таблица 2

Виды спорадического распространения

Вид	Экологическая характеристика	Пункты
<i>Anomodon attenuatus</i> (Hedw.) Huebener	неморальный эпифит	7, 29, 37
<i>A. longifolius</i> (Brid.) Hartm.	неморальный эпифит	7, 10, 14, 20, 29, 30, 31, 36, 37, 39, 40, 44
<i>A. viticulosus</i> (Hedw.) Hook. et Taylor	неморальный эпифит	10, 14, 29, 37, 40, 46
<i>Barbula convoluta</i> Hedw.	эпигейд	29, 34, 40
<i>Brachythecium glareosum</i> (Bruch ex Spruce) Bruch et al.	степной кальцефит	26, 31, 32, 33, 34, 37, 40
<i>B. rivulare</i> Bruch et al.	кальцефильный гигрофит	3, 10, 13, 19, 28, 52
<i>B. rotaeanum</i> De Not	неморальный эпифит	8, 10, 14, 16, 22, 27, 29, 37
<i>Bryoerythrophyllum recurvirostrum</i> (Mitt.) A. Laegr.	кальцефильный лесной вид	37
<i>Bryum dichotomum</i> Hedw.	степной кальцефит и галофит	54
<i>B. funckii</i> Schwaegr.	степной кальцефит	16, 22, 32, 33, 34, 35, 40
<i>B. kunzei</i> Schimp.	степной кальцефит	16, 21
<i>B. turbinatum</i> (Hedw.) Turner	гигрофит	7, 19, 24, 42, 44, 49, 52
<i>Callicladium haldanianum</i> (Grew.) H.F. Crum	бореальный эпифит и эпиксил	17, 55
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	гигрофит	4, 24, 33, 55
<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i> (Brid.) R.S. Chopra	степной кальцефит	22, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 40
<i>Campylidium sommerfeltii</i> Myrin) Ochyra	степной кальцефит	53
<i>Campylium. calcareum</i> (Crundw. et Nyholm) Ochyra	степной кальцефит	22, 26, 32, 33, 36, 37, 40, 53
<i>Cephaloziella sp.</i>	эпигейд	20
<i>Chiloscyphus polyanthus</i> (L.) Corda	эпиксил	55
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber et D. Mohr	подстилочный вид хвойно-широколиственных лесов	4, 19
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	кальцефильный гигрофит	3, 6, 10, 13, 15, 18, 33

Продолжение таблицы 2

<i>Dicranella schreberiana</i> (Hedw.) Hilf. ex H.A.Crum et L.E. Anderson	эпигейд	19
<i>D. varia</i> (Hedw.) Schimp.	эпигейд	7, 19, 30, 35, 37, 40, 52
<i>Dicranum montanum</i> Hedw.	бореальный эпифит и эпиксил	7, 40
<i>D. polysetum</i> Sw.	подстилочный вид хвойно-широколиственных лесов	4, 21
<i>D. scoparium</i> Hedw.	бореальный эпифит и эпиксил	2, 4, 7, 10, 21, 22, 29, 37, 40
<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw.	кальцефильный петрофит	7, 40
<i>D. topiaceus</i> (Brid.) Lisa	кальцефильный гигрофит	24
<i>Encalypta vulgaris</i> Hedw.	степной кальцефит	5, 16, 22, 32, 33, 34, 38, 42
<i>Eurhynchiastrum pulchellum</i> (Hedw.) Ignatov et Huttunen	лесной эпигейд	29, 37, 38, 50
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw.	лесной эпигейд	4, 29
<i>F. gracilifolius</i> Brugg.-Nann. et Nyholm	петрофит	7, 19, 29
<i>F. taxifolius</i> Hedw.	лесной эпигейд	10, 13, 17, 37, 12
<i>Grimmia laevigata</i> (Brid.) Brid.	оксифильный петрофит	20, 51
<i>G. muehlenbeckii</i> Schimp.	оксифильный петрофит	10, 15, 18, 20, 21, 51
<i>G. pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	петрофит	10, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 29, 45, 51
<i>Herzogiella seligeri</i> (Hedw.) T.J. Kop.	эпиксил	37
<i>Hygroamblystegium varium</i> (Hedw.) Moenk.	гигрофит	14, 19, 37, 47, 53, 56
<i>Leiocolea badensis</i> (Gott ex Rabenh.) Joerg.	кальцефильный петрофит	29, 37, 38
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	эпигейд и петрофит	10, 13, 24, 45
<i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dum.	эпиксил	7, 14, 32, 37
<i>L. minor</i> Nees.	лесной эпигейд	21, 27, 29, 37, 50
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	гигрофит	8, 19, 12, 24, 27, 44
<i>Mnium marginatum</i> (Dicks.) P. Beauv.	лесной эпигейд	7
<i>M. stellare</i> Hedw.	лесной эпигейд	7, 29, 37, 42, 46
<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dum.	кальцефильный гигрофит	37

<i>Physcomitrella patens</i> (Hedw.) Bruch et al.	гигрофит	25
<i>Physcomitrium pyriforme</i> (Hedw.) Hampe	гигрофит	24, 27, 37, 49
<i>Plagiomnium affine</i> (Blandow ex Funk) T.J. Kop.	подстилочный вид хвойно-широколиственных лесов	4
<i>P. ellipticum</i> (Brid.) T.J. Kop.	гигрофит	24, 33, 42, 46
<i>P. medium</i> (Bruch et al.) T.J. Kop.	лесной эпигейд	21
<i>P. rostratum</i> (Schrad.) T.J. Kop.		29, 37
<i>Plagiothecium cavifolium</i> (Brid.) Z. Iwats.	лесной эпигейд	7
<i>P. denticlatum</i> (Hedw.) Bruch et al.	бореальный эпифит	4, 29, 37
<i>P. laetum</i> Bruch et al.	эпифит	7, 20, 22, 37, 40
<i>P. nemorale</i> (Mitt.) A. Laegr.	лесной эпигейд	7
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt	подстилочный вид хвойно-широколиственных лесов	4, 7, 15, 21
<i>Pohlia cruda</i> (Hedw.) Lindb.	псаммофит	42
<i>P. wahlenbergii</i> (F. Weber et D. Mohr) A.L. Andrews	гигрофит	21, 51
<i>Pterygoneurum ovatum</i> (Hedw.) Dixon	степной кальцефит	3, 6, 7, 6, 17, 18, 21, 29, 33, 34, 35, 37, 40
<i>P. subsessile</i> (Brid.) Jur.	степной кальцефит	34, 39, 45, 54
<i>Ptilidium pulcherrimum</i> (G. Web.) Vain	бореальный эпифит и эпиксил	17, 43
<i>Radula complanata</i> (L.) Dum.	неморальный эпифит	2, 7, 10, 14, 17, 20, 29, 32, 37, 39, 40, 44, 46
<i>Rhizomnium punctatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	эпиксил	7, 32
<i>Riccia sorocarpa</i> Bisch.	эпигейд	2, 4
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske	бореальный эпифит	21, 37
<i>Schistidium apocarpum</i> (Hedw.) Bruch et al.	петрофит	7, 10, 15, 18, 19, 20, 51
<i>S. crassipilum</i> Blom	кальцефильный петрофит	19
<i>S. submuticum</i> Broth ex H.H. Blom	кальцефильный петрофит	1
<i>Sciuro-hypnum curtum</i> (Lindb.) Limpr.	бореальный эпифит	4, 55

Продолжение таблицы 2

<i>Sciuro-hypnum populeum</i> (Hedw.) Ignatov et Huttunen	бореальный эпифит и петрофит	7, 19
<i>Seproleskea subtilis</i> (Hedw.) Loeske	неморальный эпифит	7, 14, 18, 19, 29, 32, 37, 39, 51
<i>Syntricha caninervis</i> Mitt.	степной кальцефит	30, 34
<i>S. intermedia</i> Brid.	кальцефильный пестрофит	3
<i>Thuidium assimile</i> (Mitt.) A. Jaeger	подстилочный вид хвойно-широколиственных лесов	37, 48
<i>T. delicatulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	подстилочный вид хвойно-широколиственных лесов	46
<i>T. recognitum</i> (Hedw.) Lindb.	подстилочный вид хвойно-широколиственных лесов	37, 43
<i>Tortula modica</i> R.H. Zander	степной кальцефит	16, 52
<i>T. mucronifolia</i> Schwaegr.	кальцефильный лесной вид	37
<i>T. muralis</i> Hedw.	кальцефильный петрофит	13
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> Hedw.	петрофит	7, 8, 9, 13, 18, 21, 29, 30, 45
<i>T. protobryoides</i> R.H. Zander	степной кальцефит	29, 34, 50
<i>T. truncata</i> (Hedw.) Mitt	степной кальцефит	4, 49
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	степной кальцефит	16, 22, 26, 30, 32, 35, 39, 40, 54
<i>Weissia brachycarpa</i> (Nees et Hornsch.) Jur.	степной кальцефит	50, 52
<i>W. longifolia</i> Mitt.	степной кальцефит	16, 22, 23, 26, 32, 33, 34, 35, 39, 37, 40, 54

Редкие виды, занесенные в Красную книгу Воронежской области [11]:

Conardia compacta (Drumm. ex Muell. Hal) Loeske – категория 1, (24), арктоальпийский вид, в средней полосе европейской России известен только из Воронежской области; не обнаруживался на пойменном минеротрофном болоте в течение последних 15-ти лет; вследствие сукцессионных процессов местонахождение, вероятно, утрачено.

Conocephalum salebrosum Szveyk., Buczk. et Odrzyk. – категория 2, (7), вид спорадического характера распространения; известное в области местонахождение является единственным; отмечаются негативные изменения в динамике численности популяций, связанные с ухудшением гидрологических условий и возрастающей рекреацией (Рис. 3).

Encalypta streptocarpa Hedw. – категория 3, (37), арктоальпийский облигатный кальцефит; характерные местообитания – кромки обрывов в нагорных дубравах на выходах мела; все местонахождения в области связаны с фрагментами реликтовых меловых боров. В целях обеспечения территориальной охраны необходимо значительное расширение границ ООПТ «Меловая сосна».



Рис. 3. *Conocephalum salebrosum* Szvejk., Buczk.et Odrzyk.

Grimmia plagiopodia Hedw. – категория 3, (18), облигатный оксифильный аридный петрофит, встречен только на песчаниках; в европейской России известен лишь из более южных областей; выявленное местонахождение – самая северная точка равнинного ареала; не охраняется (Рис. 4).



Рис. 4. *Grimmia plagiopodia* Hedw.

Hedwigia mollis Ignatov, Ignatova, Fedosov – категория 3, (15), оксифильный петрофит эвриголарктического распространения, известен еще лишь из одного пункта в Верхнемамонском районе; состояние популяций вызывает тревогу поскольку, несмотря на историческую ценность усадьбы Лосевых, замусоривание и истоптанность могут привести к полной потере редких петрофитов; местонахождение в Семилукском районе не имеет охранного статуса (Рис. 5).

Homalia trichomanoides (Hedw.) Bruch et al.– категория 3, (7, 17, 32, 37), типичный представитель неморального базифильного комплекса, индикатор ненарушенных лесных сообществ; лишь 2 местонахождения охраняются.



Рис. 5. *Hedwigia mollis* Ignatov, Ignatova, Fedosov

Hygroamblystegium tenax (Hedw.) Jenn. – категория 3, (3, 28, 44, 47), гигрофильный кальцефит, предпочитающий чистые холодные быстротекущие воды; в европейской России известен по единичным находкам в районах обильных выходов известняков; лишь 1 местонахождение охраняется (Рис. 6).



Рис. 6. *Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jenn.

Hylocomium splendens (Hedw.) Bruch et al. – категория 2, (4, 21), бореальный вид, доминирующий в напочвенном покрове хвойных имеют охранного статуса (Рис. 7).

Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwaegr. – категория 3, (2, 4, 8, 18, 20, 29, 37, 39, 44), характерный неморальный эпифит, индикатор сохранных широколиственных лесов, встречается и в старовозрастных парковых насаждениях.

Porella platyphylla (L.) Pfeiff. – категория 2, (4, 37), представитель неморального базифильного эпифитного комплекса, повсюду в Европе испытывающего сокращение.

Rhodobryum roseum (Hedw.) Kindb. – категория 3, (37), неморально-бореальный вид, имеющий в лесостепи рассеянное распространение; тяготеет к нагорным дубравам на выходах мела.



Рис. 7. *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.

Rhytidiadelphus triquetrus (Hedw.) Warnst. – категория 2, (4, 37), бореальный вид, обычно произрастающий на подстилке в хвойно-широколиственных лесах; в лесостепи близ южной границы ареала.

Seligeria calcarea (Hedw.) Warnst. – категория 3, (29, 30, 33, 37, 40), бореальный петрофит, облигатный кальцефит.

Seligeria pusilla (Hedw.) Warnst. – категория 3, (29, 37), бореальный петрофит, облигатный кальцефит; лишь 1 местонахождение охраняется.

Stereodon vaucheri (Lesq.) Lindb. ex Broth. – категория 3, (34, 37), арктоальпийский вид, приуроченный к реликтовым «сниженноальпийским» сообществам; лишь 1 местонахождение охраняется.

Taxiphyllum wissgrillii (Garov.) Wijk et Margad. – категория 3, (7) неморальный петрофит, преимущественно приокеанического характера распространения; в области имеется еще лишь одно местонахождение в Верхнемамонском районе (Рис. 8).



Рис. 8. *Taxiphyllum wissgrillii* (Garov.) Wijk et Margad.

Всего в составе бриофлоры Придонского мелового ландшафтного района к настоящему времени известно 142 вида мохообразных, на действующих охраняемых территориях сосредоточено около 90 % видового состава. Лишь 36 %

от общего объема бриофлоры являются частыми и обильными, эвритопными видами. Почти такая же доля видов, имеющих 1–3 местонахождения. Среди таксонов спорадического распространения представлены виды из разнообразных экологических групп и географических элементов: неморальные базифильные эпифиты (6 видов), бореальные ацидофильные виды хвойно-широколиственных лесов, произрастающие на подстилке и комлях берез (13 видов), бореально-неморальные лесные эпигеиды, произрастающие на почвенных обнажениях в оврагах (16 видов), эвриголарктические виды нарушенных почв открытых местообитаний (5 видов), бореальные эпиксилы (4 вида), гигрофиты (9 видов), степные кальцефиты (18 видов), ацидофильные и кальцефильные петрофиты (14 видов). В Красную книгу Воронежской области занесены 16 видов. Лишь 3 вида из Красной книги области имеют в Придонском меловом районе 100 % территориальной охраны; у 3 видов все местонахождения охранного статуса не имеют; у прочих видов лишь 30–40 % местонахождений обеспечены территориальной охраной. Перевод проектируемых ООПТ в действующие, а также организация ГПЗ «Потуданский» [12] обеспечит 100 % территориальной охраны редких видов.

Бриологическая характеристика действующих, проектируемых и перспективных и ООПТ Придонского мелового ландшафтного района

РАМОНСКИЙ РАЙОН

Проектируемые памятники природы

В перечне перспективных памятников природы значатся практически все объекты садово-паркового искусства, заложенные в конце XIX – начале XX веков. Не все они имеют хорошую сохранность и высокую природно-историческую ценность, однако в ряде из них выявлены редкие эпифитные мхи, свойственные ненарушенным широколиственно-лесным экосистемам.

1. Парк-сад усадьбы Хрущевых (с. Павловка). Примерная площадь 5 га. Остатки крайне запущенного парка расположены на берегу р. Сухая Верейка. В древостое представлен преимущественно средневозрастный клен остролистный. Научно-культурная ценность объекта невелика, состояние неудовлетворительное. ВР – 10 видов, редких мхов нет.

2. Усадьба Русановых «Ерофеевка» (с. Большая Трещевка). Примерная площадь 10 га. В настоящее время остались старовозрастные липовые аллеи, окаймляющие кварталы вырубленных садов. Лишь в прилегающих к прудам кварталах сохранились разваливающиеся от старости яблони и груши. ВР – 24 вида, редкие виды: *Riccia sorocarpa*, **Leucodon sciuroides*.

Перспективные памятники природы

3. Родники в с. Хвощеватка. Примерная площадь 3 га. Объект охраны: мощные родники на правобережье р. Дон, выносящие на дневную поверхность девонские водоносные горизонты; выходы известняков, находящиеся на южной границе своего распространения. ВР (с учетом прилегающих пойменных ивняков) – 17 видов, обильны популяции редких в лесостепи кальцефильных гигрофитов (*Hygroamblystegium humile*, **H. tenax*, *Cratoneuron filicinum*, *Brachythecium rivalare*), испытывающих явные

тенденции к сокращению как вследствие антропогенных, так и естественных причин. Родник имеет статус святого источника, обустроен, активно посещается; однако пока сохранность природной компоненты можно оценить как высокую.

4. Парк-сад Веневитиновых – Колзаковых (с. Русская Гвоздевка). Примерная площадь около 30 га. Усадьба расположена на высоком холме между поймой ручья Гвоздевка и рекой Дон в восточной части села. Сохранились перестроенный господский дом, фонтан, обширные кварталы очень старых фруктовых садов и лесопарк. Лесопарк представлен средневозрастными посадками ели обыкновенной и дуба черешчатого. ВР – 37 видов, обращает на себя внимание обилие редких видов как бореального комплекса хвойно-широколиственных лесов (**Hylocomium splendens*, *Plagiomnium affine*, *Climacium dendroides*), так и неморальных эпифитов (**Porella platyphylla*); присутствуют и виды сукцессионных местообитаний (*Riccia sorocarpa*.). Состояние объекта можно оценить как относительно удовлетворительное, научную ценность – как высокую.

СЕМИЛУКСКИЙ РАЙОН

Государственный природный заказник (далее ГПЗ) «**Семилукский**». Площадь 2404.62 га. Территория заказника узкой полосой протянулась в междуречье рек Ведуги и Дона. К ценным природным объектам непосредственно примыкают жилищные застройки, автодороги, промышленные предприятия. В состав заказника интегрировано несколько памятников природы (объекты 5, 6, 7, 8). Бриофлора заказника весьма богата – 76 видов, причем доля редких и интересных в ботанико-географическом и эколого-ценотическом отношении видов составляет около 20 %, в частности, в Красную книгу Воронежской области занесено 6 видов: **Conocephalum salebrosum*, **Hedwigia mollis*, **Homalia trichomanoides*, **Grimmia plagiopodia*, **Leucodon sciuroides*, **Taxiphyllum wissgrillii*. Ниже приводятся данные по бриофлоре памятников природы, включенных в ГПЗ «Семилукский».

5. «Ендовище». Площадь 7.7 га. Расположен на правом берегу р. Ведуга в г. Семилуки. Профиль геологический. Объект охраны: выходы мела с остатками ископаемых флоры и фауны. Степень антропогенной нарушенности очень высокая. Местообитания мхов: задернованные и обнаженные склоны крутых оврагов с мелоглинистыми выходами, днище оврага с временным водотоком. ВР – 10 видов, в основном широко распространенных и устойчивых; относительно редкий: *Encalypta vulgaris*. Санитарное состояние объекта крайне неудовлетворительное.

6. «Семилуки». Площадь 2.6 га. Расположен на правобережье р. Дон в овраге Больничный (г. Семилуки). Профиль геологический. Объект охраны: обнажения девонских пород с отпечатками ископаемых растений и животных. Местообитания мхов: глыбы песчаников, стволы дуба в дубраве, стволы ивы в низовьях оврага, обнажения глин и песков, родник. ВР – 21 вид, относительно редкие: *Pterygoneurum ovatum* и *Cratoneuron filicinum*.

7. Чернышова гора. Площадь 90.29 га. Расположен на правобережье р. Дон у с. Губарево. Объекты охраны: выходы аптских песчаников, карстовые пещеры, нагорная дубрава. Профиль комплексный. Уровень ВР из всех изученных объектов один из самых высоких – 56 видов, редкие: *Anomodon attenuatus*, *A. longifolius*, *Brachythecium rotaeanum*, **Homalia trichomanoides*, **Leucodon sciuroides*, *Schistidium*

apocarpum, *Sciuro-hypnum populeum*, **Taxiphyllum wissgrillii*, *Fissidens gracilifolius*, *Bryum turbinatum*, **Conocephalum salebrosum*, *Mnium marginatum*, *M. stellare*, *Plagiothecium cavifolium*, *P. nemorale*. Обращает на себя внимание присутствие самых разнообразных эколого-субстратных групп (петрофиты, эпиксилы, эпифиты, эпиеиды) и географических элементов.

8. Дача Башкирцева. Площадь 18.99 га. Имеет статус памятника природы областного значения и исторического памятника федерального значения. Объекты охраны: старовозрастные парковые насаждения и исторические постройки XIX века. Парадная часть регулярного парка существенно трансформирована. Значительно лучше сохранились протяженные липовые аллеи, окаймляющие кварталы старых фруктовых садов, большей частью вырубленных. ВР – 21 вид, редкий: **Leucodon sciuroides*.

9. Урочище «Семидубравное». Площадь 2.6 га. Имение воронежского губернатора Потапова было заложено в конце XVIII века, служило важнейшим культурным центром. Композиция парка была решена в английском пейзажном стиле. До настоящего времени сохранились лишь отдельные деревья липы и дуба почти 200-летнего возраста, основу насаждений составляет клен остролистный; до сих пор существует система прудов; усадебные постройки используются под жилье и сильно изменены. ВР – 9 видов, редких нет. Состояние объекта неудовлетворительное.

10. ГПЗ «Землянский». Площадь 17458.12 га. Заказник расположен в бассейне реки Ведуги, с севера его ограничивает река Камышовка, а с юга – река Девица; имеет очень высокую степень хозяйственной освоенности. Действующих памятников природы на территории ГПЗ нет. Объекты охраны: байрачные дубравы (иногда рассеченные глубокими оврагами с непересыхающими водотоками; поймы рек, занятые ивовыми или реже ольховыми сообществами; родники; меловые обнажения весьма небольшие по площади с обедненными по составу степными сообществами. Ландшафтное разнообразие вносит кустарный карьер по добыче песчаников близ с. Кондрашовка (*Grimmia pulvinata*, *G. muehlenbeckii*). В территорию ГПЗ входят проектируемые памятники природы Чистоклетов лес и Урочище Богатое.

Проектируемые памятники природы.

11. Усадьба Корфов – Сумбатовых (с. Малая Покровка). Примерная площадь 3 га. На территории бывшей усадьбы расположена функционирующая школа; к ней прилегает запущенный парк, аллеи которого спускаются к пруду. Преобладает в насаждениях клен остролистный. ВР – 11 видов. Бриологического интереса объект не представляет; состояние объекта неудовлетворительное.

12. Парк усадьбы Лосевых – Сомовых «Раздолье». Примерная площадь 10 га. Бывшая усадьба расположена на правом берегу р. Трещевка. Состояние ране обширного регулярного парка неудовлетворительное. Ценность представляет фрагмент ясеневой аллеи 200-летнего возраста, ведущий от фасада господского дома к реке. В северной части села имеется лесопарк, также многократно вырубавшийся и сильно запущенный. ВР – 21 вид, из более или менее интересных видов можно упомянуть *Marchantia polymorpha*, *Fissidens taxifolius*, *Radula complanata*.

13. Усадьба Титовах – Савостьяновых (с. Гремячий Колодезь). Примерная площадь 7 га. Является ценным культурно-историческим объектом. Довольно хорошо сохранился комплекс хозяйственных построек с водяной мельницей и остатками дендрологического парка в бывшей усадьбе воронежского губернатора и инженера В.В. Савостьянова середины XIX века. ВР – 25, относительно редкие: *Grimmia pulvinata*, *Tortula muralis*, *Cratoneuron filicinum*.

14. Чистоклетов лес (окр. с. Гремячий Колодезь). Примерная площадь 10 га. Природоохранную ценность представляет хорошо сохранившаяся байрачная дубрава с богатым спектром местообитаний, свойственным данным ландшафтам. ВР – 31 вид; присутствует полночленный неморальный эпифитный комплекс *Anomodon longifolius*, *A. viticulosus*, *Brachythecium rotaezanum*, *Radula complanata*; выявлены также спорадично встречающиеся в лесостепных дубравах *Fissidens taxifolius*, *Cratoneuron filicinum*, *Hygroamblystegium humile*, *H. varium*.

15. Усадьба Лосевых (с. Губарево). Площадь – 5 га. Господский дом известных воронежских землевладельцев Лосевых входит в федеральный реестр охраняемых объектов культурно-исторического наследия, тем не менее, в настоящее время приватизирован. От парка, расположенного на живописной излучине р. Ведуги, остались лишь единичные деревья и грот. Пейзажная часть представлена насаждениями сосны на правобережном склоне долины, изобилующем выходами редких в области аптских песчаников. ВР – 22 вида; богато представлен комплекс редких оксифильных петрофитов: *Grimmia pulvinata*, *G. muehlenbeckii*, *Schistidium apocarpum*, **Hedwigia mollis*. Состояние объекта неудовлетворительное; научная ценность высокая.

16. ГПЗ «Верхневедугский» (это одно из самых северных местонахождений в области подобных сообществ). Объекты охраны: байрачные дубравы, выходы аптских песчаников, кальцефитные степи. Целесообразно включение в состав ГПЗ урочища «Каменный лес» (20 видов мохообразных), ряд лесных урочищ юго-западнее с. Старая Ведуга (около 30 видов), степное правобережье р. Ведуги (10 видов) с низкоосоково-проломниковыми степями – это одно из самых северных местонахождений в области подобных сообществ, а также уникального ландшафта «каменный лес» в с. Новосиль (15 видов). По предварительным данным бриофлора перспективного ГПЗ насчитывает около 40 видов, из них наибольший интерес представляют степные кальцефиты *Bryum funckii*, *Trichostomum crispulum*, *Tortula modica*, *Pterygoneurum ovatum*, а также выявленные на песчаниках *Grimmia muehlenbeckii*, *G. pulvinata*, *G. laevigata*, *Cephaloziella sp.*

Родник в с. Гвоздевка. Бриологического интереса не представляет.

Урочище Долгое (окр. с. Долгое), **Урочище Богатое** (окр. с. Гремячий Колодезь), **Лес «Орешник»** (окр. с. Новая Покровка). Представляют собой небольшие по площади байрачные дубравы, довольно сухие, средне- и маловозрастные. Видовое разнообразие мохообразных – около 25 видов, редких и интересных видов не отмечено.

Перспективные памятники природы

17. Урочище Лебяжье (2 км к югу от с. Лебяжье). Примерная площадь 10 га. Объекты охраны: байрачная дубрава в крутой балке и родник. ВР – 26 видов, интересно нахождение как ацидофильных эпифитов «березового» комплекса

(*Callicladium haldanianum*, *Ptilidium pulcherrimum*), так и базифильных эпифитов (**Homalia trichomanoides*).

18. Правобережье р. Ведуги (между селами. Терновое и Губарево). Примерная площадь 10 га. Объекты охраны: выходы аптских песчаников с богатой бриофлорой и лишенобиотой, родники. ВР – около 30 видов, редкие: **Grimmia plagiopodia*, *G. pulvinata*, **Leucodon sciuroides*, *Pterygoneurum ovatum*.

19. Черневский яр (с. Гудовка). Примерная площадь 15 га. Изобилующая родниками, небольшими водопадами и ущельями, крупными глыбами песчаников балка впадает в долину р. Ведуги. ВР – около 35 видов, относительно редкие: *Fissidens gracilifolius*, *Hygroamblystegium varium*, *Sciuro-hypnum populeum*, *Schistidium apocarpum*, *S. crassipilum*, *S. submuticum*, *Bryum turbinatum*, *Dicranella schreberiana*.

20. Урочище «Каменный лес» (с. Новосильское). Примерная площадь 15 га. Объекты охраны: останцовый холм с выходами песчаников и прилегающая байрачная дубрава ВР – около 25 видов, редкие: *Schistidium apocarpum*, *Grimmia laevigata*, *G. pulvinata*, *G. muehlenbeckii*, *Anomodon longifolius*, *A. viticulosus*, **Leucodon sciuroides*. Объект представляет и лишенологическую ценность.

21. Латненские карьеры. Большие по площади карьерно-отвальные ландшафты Латненского огнеупорного месторождения в настоящее время большей частью заброшены. В них добывались огнеупорные и гончарные глины, мел, песок. Разнообразие местообитаний, отличающихся гидрологическими, химическими условиями, обусловило богатую и специфичную бриофлору – около 30 видов, среди которых немало редких: **Hylocomium splendens*, *Plagiomnium medium*, *Grimmia pulvinata*, *G. muehlenbeckii*, *Sanionia uncinata*. Учитывая эстетическую привлекательность карьерно-озерных ландшафтов, обилие геологических достопримечательностей целесообразно присвоить наиболее ценным участкам статус как минимум охраняемого ландшафта местного значения.

Состояние всех перспективных ООПТ в настоящее время хорошее; научная ценность высокая.

НИЖНЕДЕВИЦКИЙ РАЙОН

22. ГПЗ «Степная балка в окр. с. Острянка». Площадь 1130,01 га. ГПЗ состоит из нескольких участков – собственно степной балки Острянка близ одноименного села (бриофлора насчитывает 11 видов и сходна с бриофлорой степных урочищ Михнево, Мастюгино и др.), а также долины р. Скупая Потудань (27 видов). Спектр местообитаний весьма разнообразен и включает кальцефитно-петрофитные и злаково-разнотравные степи, пойменные ольшаники, луговые сообщества, байрачные дубравы. В последних отмечены довольно редкие в лесостепных дубравах представители «березового» эпифитного комплекса *Plagiothecium laetum*, *Dicranum scoparium*. В целом, в заказнике выявлено 35 видов.

23. Проломниковая степь у с. Михнево. Площадь 13 га. Один из старейших памятников природы в области, главным объектом охраны являются низкоосоково-проломниковые степи. ВР – 11 видов, относительно редкие: *Bryum funckii*, *Weissia longifolia*.

24. Пойменное болото у с. Глазово. Площадь 26 га. Данное урочище было предложено автором статьи к охране в середине 80-х гг прошлого века. В те годы

оно представляло собой экосистему пойменного заболоченного осокового луга с комплексом редких в лесостепи гигрофильных кальцефитов – **Conardia compacta*, *Didymodon topiaceus*, помимо них отмечались *Hygroamblystegium humile*, *Calliergonella cuspidata*, *Marchantia polymorpha*. С учетом прилегающих ивняков и тополельников ВР – около 25 видов. В настоящее время вследствие полного прекращения выпаса скота и снижения уровня обводненности сукцессионные процессы привели к замене кочкарного минероторофного болота в крупнотравные луговые сообщества. Редкий бриофлористический комплекс утрачен.

Проектируемые памятники природы

25. Родник в с. Новая Ольшанка. ВР – 5 видов, редкий: *Physcomitrella patens*, относительно редкие: *Hygroamblystegium humile*, *Pohlia melanodon*.

26. Лугово-степные склоны у с. Верхнее Турово. ВР – 11 видов, типичные представители степных кальцефитов – *Brachythecium glareosum*, *Campylidium calcareum*, *Didymodon fallax*, *Weissia longifolia*, *Trichostomum crispulum*.

Родник в с. Кучугуры, Источник Михневского сельского поселения. Бриологического интереса объекты не представляют.

Степная балка в окр. с. Глазово, Балочные склоны у с. Синие Липяги. Бриофлора степных сообществ имеет обедненный видовой состав (5–7 видов), включающий частые и устойчивые эвритоппные мхи.

ХОХОЛЬСКИЙ РАЙОН

27. Исток реки Девица. Площадь 27 га. Объекты охраны: система родников, дающих начало типичной лесостепной реке Девице, байрачная дубрава в глубоко врезанном овраге. ВР – 23 вида, из особенностей бриофлоры можно отметить большую долю гигрофильных напочвенных (*Marchantia polymorpha*, *Physcomitrium pyriforme*) и эпиксильных видов (*Hygroamblystegium humile*, *Leptodictyum riparium*), что для лесостепных дубрав, даже с пересыхающими водотоками, отмечается нечасто. Состояние объекта хорошее, научная ценность высокая.

28. Ключ «Гремячий». Площадь 0.1 га. Напорный родник, расположен в центре с. Гремяче. Объект имеет не слишком удобный подход, посему степень «обустройства» и нарушенности умеренная. ВР – 7 видов, высокого обилия достигают гигрофиты *Brachythecium mildeanum*, *Brachythecium rivulare*, *Hygroamblystegium tenax*, *Leptodictyum riparium*, полностью обрастая место выхода родника и прилегающие стенки.

29. Костенки-Борщево. Площадь 253 га. Объекты охраны: массив нагорной дубравы, рассеченный оврагами, родники, степные склоны, выходы мела в лесных оврагах, пещеры, кустарные разработки мела. Разнообразие местообитаний обуславливает довольно высокий уровень не только видового (около 50 видов), но и структурного разнообразия, поскольку в бриофлоре представлены полночленные спектры эколого-ценотических групп и ботанико-географических элементов. Обращает на себя внимание обильное развитие эпифитных синузид неморальных видов (*Anomodon longifolius*, *A. viticulosus*, *A. attenuatus*, **Leucodon sciuroides*), развивающихся на стволах дуба и клена остролистного. Моховой покров степных сообществ насчитывает 11 видов, среди которых характерна группа эфемерных мхов их семейства поттиевых (*Tortula acaulon*, *T. protobryoides*, *Pterygoneurum*

ovatum); особый интерес представляет наличие группы кальцефильных петрофитов, поселяющихся на меловых стенках старых карьеров и пещер (*Fissidens gracilifolius*, **Seligeria calcarea*, **S. pusilla*, *Tortula muralis* var. *aestiva*, *Leiocolea badensis*).

Проектируемые памятники природы

Меловые останцы (с. Борщево), **Острый курган** (с. Архангельское). Целесообразно включение перспективных памятников природы в территорию действующего памятника природы Костенки-Борщево, существенно расширив его территорию или повысив его статус до заказника. Бриофлора меловых склонов указанных урочищ сходна с таковой для окрестностей с. Костенки.

Парк усадьбы Олсуфьева (с. Ивановка). Бриологического интереса не представляет, от парка остались несколько каштанов, на которых мхи развиваются слабо, выявлено 3 самых обычных и устойчивых вида.

Ключ Гремячий-2. В связи с «обустройством» родника, естественные местообитания гигрофильных мхов нарушены, присутствуют лишь рудералы *Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus*.

Обнажения в с. Рудкино, Обнажения в с. Петино. Бриологической ценности объекты не имеют. На глинистых наносах, покрывающих немногочисленные выходы известняков, выявлено 3–5 самых обычных рудеральных мхов.

Перспективный памятник природы

30. Урочище Трехъяружка (окр. с. Кочетовка). Примерная площадь 30 га. Объекты охраны: меловая пещера, кальцефитные степи, байрачная дубоава. ВР около 20 видов, среди них облигатные кальцефиты **Seligeria calcarea*, *Trichostomum crispulum*, *Syntrichia caninervis*.

РЕПЬЕВСКИЙ РАЙОН

31. ГПЗ «Краснолиповский». Площадь 4821 га. Расположен в междуречье рек Потудань и Девица. Основные площади заняты полями, естественная растительность представлена немногочисленными и небольшими по площади байрачными дубравами, обедненными степными сообществами на меловых обнажениях. ВР – всего около 30 видов, из относительно редких можно назвать лишь неморальный эпифит *Anomodon longifolius* (дубрава на северной окраине с. Краснолипые) и степной кальцефит *Brachythecium glareosum* (степные склоны напротив с. Осадчее), причем встречены они однократно и в небольшом количестве.

32. ГПЗ «Родники» (Репьевский и частично Острогожский районы). Площадь 14.253 га. Заказник занимает расчлененное глубокой овражно-балочной сетью правобережье р. Девицы и ее пойму. Характерной особенностью заказника, отличающей его от прочих заказников Придонского мелового района, является преобладание естественной растительности, в частности, низкоосоково-проломниковых группировок (система балок в окр. с. Мастюгино) и пойменных ольшаников (с. Болдыревка). ВР – 37 видов. Степные сообщества на склонах южных экспозиций несут характерный набор кальцефильных мхов *Brachythecium glareosum*, *Bryum funckii*, *Encalypta vulgaris*, *Trichostomum crispulum*, *Weissia longifolia*; на северных склонах моховой покров обильнее и состоит из *Abietinella abietina*, *Brachythecium campestre*, *Campyliadelphus chrysophyllus*, *Campylidium calcareum*, *Didymodon fallax*. В ольшанике, помимо обычных гигрофильных видов, отмечен редкий неморальный эпифит **Homalia*

trichomanoides и довольно редкие в лесостепных меловых районах эпиксилы *Rhizomnium punctatum*, *Lophocolea heterophylla*.

33. Степь «Крутцы». Площадь 200 га. Расположен на правом берегу долины р. Девицы в 5 км к северу от с. Россошки. Это один из старейших и ценных памятников природы, где охраняется комплекс так называемых «сниженных Альп» (низкоосоково-проломниковых степей на меловых обнажениях) с высоким уровнем видового богатства мохообразных (37 видов), за счет не только степной бриофлоры, но и видов переувлажненных местообитаний (ольшаник в пойме р. Девицы). Редкий вид: **Seligeria calcarea*; относительно редкие: *Encalypta vulgaris*, *Weissia longifolia*, *Bryum funckii*, *Pterygoneurum ovatum*, *Cratoneuron filicinum*, *Hygroamblystegium humile*, *Plagiomnium ellipticum*.

34. Урочище «Майдан». Площадь 60 га. Расположен на правом берегу р. Потудань в 5 км к западу от районного центра Репьевка. Объекты охраны: низкоосоково-проломниковые и злаково-разнотравные степи. Данный памятник природы является одним из старейших в области, в нем представлены эталонные участки «сниженноальпийских» реликтовых группировок. ВР – 21 вид. Бриофлору урочища можно считать одной из наиболее репрезентативных в плане насыщенности аридными и арктоальпийскими кальцефитам: **Stereodon vaucheri*, *Brachythecium glareosum*, *Bryum funckii*, *Encalypta vulgaris*, *Syntricha caninervis*, *Weissia longifolia*, *Pterygoneurum subsessile*, *P. ovatum*, *Tortula protobryoides*, *Barbula convoluta*, *Encalypta vulgaris*.

35. Гора «Муравлянка». Площадь 13.04 га. Расположена в месте впадения ручья Муравлянка в р. Потудань. Объекты охраны: меловой останец, кальцефитно-петрофитные степи, напорный родник у подножия горы, выносящий среднедевонские водоносные горизонты. ВР – 20 видов, комплекс аридных кальцефитов беднее, чем в урочище «Майдан», высокий уровень биоразнообразия обеспечивают гигрофильные виды, отмеченные вблизи родников (*Brachythecium mildeanum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Dicranella varia*, *Drepanocladus aduncus*, *Pohlia melanodon*); относительно редкие: *Bryum funckii*, *Trichostomum crispulum*, *Brachythecium glareosum*, *Pterygoneurum ovatum*.

Целесообразно проектируемые памятники природы **Сердюковский ключ** (ВР – 4 вида, *Dicranella heteromalla varia*, *Hygroamblystegium humile*, *Physcomitrium pyriforme*) и **Меловые склоны у хут. Ключи** включить в предлагаемый нами ГПЗ «Потуданский» (см. ниже).

ОСТРОГОЖСКИЙ РАЙОН

36. Меловая сосна. Площадь 1.59 га. Расположен на правом берегу р. Потудань в 5 км к западу от с. Ездочное. Один из старейших и весьма ценных в научном отношении памятников природы, имеющий до сих пор недопустимо малую площадь. Объекты охраны: старовозрастные экземпляры реликтовой сосны меловой и прилегающий участок нагорной дубравы. Непосредственно в границах ООПТ (которые установить затруднительно) выявлено лишь около 15 видов, из них редкие: *Anomodon longifolius*, *Tortula mucronifolia*, **Encalypta streptocarpa*, *Syntricha intermedia*.

37. ГПЗ «Потуданский». Перспективный ГПЗ. Рекомендуется организовать ООПТ в ранге заказника в долине р. Потудань (от хутора Сердюки до впадения в

реку Дон), включив существующие памятники природы (Майдан, Муравлянка, Меловая сосна) и существенно расширив общую площадь [12]. Данная территория отличается весьма высоким для лесостепных бриофлор уровнем флористико-структурного разнообразия (88 видов) и значительной долей редких видов (8 видов из Красной книги области). Помимо отмеченных ранее, редкими являются: **Leucodon sciuroides*, **Homalia trichomanoides*, **Porella platyphylla*, *Anomodon longifolius*, *A. viticulosus*, *A. attenuatus*; *Leiocolea badensis*; **Seligeria calcarea*, **S. pusilla*, лесные виды *Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Pellia endiviifolia*, **Rhytidiadelphus triquetrus*, **Rhodobryum roseum*, *Herzogiella seligeri* и др. Указанные особенности определяются насыщенным спектром местообитаний, характерных для ландшафтов Среднерусского Белогорья – уникальной территории, изобилующей не только отдельными реликтовыми и эндемичными видами растений, но и реликтовыми сообществами (горные боры, кальцефитно-петрофитные степи и др.). Долина р. Потудань может служить своеобразным эталоном среднерусских ландшафтов, включающих песчаные степи на левобережье, заболоченную пойму реки, черноольшаники; нагорные дубравы и субори, низкоосоково-проломниковые степи, разнотравно-злаковые степи, мощные родники среднедевонских водоносных горизонтов. Разнообразие современных ландшафтов, а также историческое наследие прошлых геологических эпох наложили отпечаток и на состав бриофлоры, в которой представлены весьма контрастные эколого-ценотические группы и ботанико-географические элементы.

38. Меловые склоны у с. Коротояк. Площадь 117.67 га. Объекты охраны: стенки и меловые дивы на крутом правом берегу р. Дон, фрагменты кальцефитных степей. ВР – около 20 видов, из относительно редких – *Encalypta vulgaris*. Целесообразно включение данного памятника природы в перспективный ГПЗ «Потуданский».

39. Грушевая поляна. Площадь 85.88 га. Находится в 5 км к северо-востоку от с. Шубное. Объект охраны: популяция груши лесной. ВР – около 15 широко распространенных в лесостепных байрачных дубравах мхов. Целесообразно установить охранный режим и для старовозрастных участков обширного массива дубравы между с. Шубное, Волошино, хутор Лобкин).

Проектируемые памятники природы и ГПЗ

ГПЗ «Лукодонье» Поскольку в перспективной схеме развития сети ООАТ в Воронежской области [9] весьма смутно очерчены границы данного ООПТ, не представляется возможным оценить его научную значимость. Вероятнее всего, он подразумевает территории рекомендуемых нами объектов на Юге Острогжского и севере Лискинского районов.

Целесообразно перспективные памятники природы **Обнажения хут. Аверино, Обнажения с. Коротояк** (12 видов, редкие: *Encalypta vulgaris*, *Leiocolea badensis*), **Бассейн р. Усть-Муравлянки** (включая действующий памятник природы «Гора Муравлянка», родники у с. Сасовка-2 и систему меловых балок у с. Завершье) объединить в предлагаемый нами перспективный ГПЗ «Потуданский» (см. выше).

Такие памятники природы как **Плейстоцен Урыва, Обнажения с. Веретье, Обнажения с. Сторожевое 1-е** бриологического интереса не представляют,

бриофлора представлена 3–5 широко распространенными эвритопами видами (*Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Ceratodon purpureus*, *Syntrichia ruralis*).

Обнажение с. Мастюгино. Целесообразно включить в ГПЗ «Родники» (характеристику см. выше).

Перспективный памятник природы

40. Правобережье р. Дон между селами Сторожевое и Титчиха. Примерная площадь 200 га. Объекты охраны: нагорная дубрава, степные меловые склоны, скалистые меловые обрывы старого карьера. ВР – около 40 видов, причем, богато представлены как степные виды (*Brachythecium glareosum*, *Weissia longifolia*, *Campyliadelphus chrysophyllus*), так и лесные неморальные и бореальные (*Dicranum montanum*, *D. scoparium*) виды; редкие: **Seligeria calcarea*, *Anomodon longifolius*, *A. viticulosus*.

Целесообразно объединение ценных природных объектов Правобережье р. Дон между селами Сторожевое и Титчиха, Острый курган в один ГПЗ; перспективен и такой вариант – объединение перечисленных объектов с памятником природы Борщево-Костенки и создание на базе Государственного археологического музея-заповедника «Костенки» национального парка. Природный и культурно-исторический компоненты намеченного района полностью подходят для организации такого типа ООПТ как национальный парк.

Биологическая характеристика биоразнообразия мхов типичных ландшафтов Придонского мелового района

Ниже приводятся параметры биоразнообразия мхов типичных ландшафтов Придонского мелового физико-географического района и степень их репрезентативности в сети ООПТ.

Нагорные дубравы (правобережье р. Потудани, р. Дона) отличаются самым высоким уровнем видового богатства мохообразных – 85 видов, долей краснокнижных (11 %) и редких и интересных видов в целом (42 %). Это связано со значительной расчлененностью овражной сетью и наличием широкого спектра местообитаний для видов самой разнообразной экологии (стволы деревьев, гнилая древесина, почвенные обнажения, родники, выходы мела и песчаников и др.). Статус памятников природы имеют лишь 2 дубравы – Чернышова гора и Борщево-Костенки; обеспечить должный уровень охраны ценных старовозрастных дубрав с комплексом редких мохообразных, а также реликтовых суборей можно путем организации ГПЗ «Потуданский» и памятника природы «Правобережье р. Дон между селами Сторожевое и Титчиха».

Уровень видового разнообразия в *байрачных дубравах* ниже – 50, доля охраняемых – 6 %, редких и интересных – 26 %. Изучено около 15 подобных объектов, 1 объект имеет статус памятника природы (Исток р. Девицы); повысить представленность лесостепных дубрав в сети ООПТ можно за счет перевода проектируемого памятника природы Чистоклетов лес в действующие, организации ГПЗ «Верхневедугский» (включая урочище Каменский лес, а также дубравы юго-западнее с. Старая Ведуга).

Ольшаники, как правило, мало- и средневозрастные и довольно сухие, на территории Придонского мелового района представлены в поймах рек Девича, Тихая сосна, Ведуга, Потудань. В ольшаниках выявлено около 30 видов мохообразных, охраняемых 3.3 %, редких и интересных видов 17 %. Частично ольшаники входят в территории ГПЗ «Родники» и «Степная балка в окр. с. Острянка» (один из кластеров захватывает пойму р. Скупая Потудань). Для оптимизации охраны ольшаников целесообразно скорректировать границы перечисленных ГПЗ, организовать ГПЗ «Потуданский», где ольшаники занимают значительные площади и отличаются хорошей сохранностью, организовать памятник природы «Бендерев ключ» с прилегающим ольшаником, а также степными склонами на левобережье р. Девичы у с. Глазово (Нижедевицкий район).

Бриофлора *садово-парковых ландшафтов* (включая культурные ландшафты – аллеи, регулярные парки; пейзажные парки, окультуренные естественные ландшафт, исторические строения) довольно богата – 52 вида, охраняемых видов 1.9 %, редких и интересных – 21 %. Действующим памятником природы является лишь 2 объекта – Дача Башкирцева и урочище Семидубравное, 6 – значатся в числе проектируемых, из них наиболее ценны парки в с.с. Гремячий Колодезь, Губарево, Раздолье, Большая Трещевка; нами рекомендуется к охране лесопарк в с. Русская Гвоздевка.

«Визитной карточкой» растительного покрова Придонского мелового района являются *кальцефитно-петрофитные низкоосоково-проломниковые степи* («сниженноальпийские группировки»). В составе бриофлоры этих сообществ выявлено 25 видов, охраняемых видов 8 % от общего числа видов, редких и интересных – 40 %. Эту весомую долю составляют преимущественно аридные кальцефиты из семейств поттиевых, бриевых и энкалиптовых мхов. Изучено 12 объектов, из них статус охраняемых имеют 6. До сих пор наибольшую научную и природоохранную ценность имеют старейшие в области памятники природы Крутцы и Майдан, а также Гора Муравлянка (и перспективный ООПТ Бассейн р. Муравлянка). В качестве рекомендаций можно предложить: расширить границы ряда объектов (в частности, ГПЗ «Родники»), памятников природы «Крутцы» и «Майдан»); включить в них помимо степных и другие экосистемы; провести инвентаризацию биоты (с учетом всех ее компонентов) еще сохранившихся степных урочищ на территории Нижедевицкого и Хохольского районов.

Гидрологический и бриологический интерес имеют такие ландшафты как *родники*. В бриофлоре родников отмечено 25 видов, гигрофитов, 4,3 % охраняемых, 30 % редких и интересных (кальцефильных гигрофитов, редких и уязвимых в лесостепи). В пределах Придонского ландшафтного района родники довольно многочисленны и разнообразны как по месту выноса на дневную поверхность подземных вод, так и по возрасту и химизму водоносных горизонтов). Изучено 15 родников, лишь 2 являются памятниками природы (Исток р. Девичы, Родник в с. Гремячье); некоторые родники расположены на территории ГПЗ, в частности «Семилукского»). Ряд родников предложен нами к охране: у с. Хвощеватка, Сасовка-2, Гудовка, Терновое, Глазово и др. В числе проектируемых значится около пяти родников [9], но бриофлора их довольно скудна.

В бриологическом аспекте интересны такие культурно-исторические объекты как *меловые пещеры* монахов-отшельников. На плотном мелу, особенно в нижней части стенок произрастает ряд облигатных кальцефитов горной экологии, в целом выявлено 18 видов, охраняемых 11 %, редких и интересных 39 %. Изучено 4 пещеры, высокое видовое разнообразие и обилие популяций отмечено в пещерах в урочище Трехъяружка (окр. с. Кочетовка) и в окр. с. Александровка в с. Костенки (памятник природы Борщево-Костенки); еще одна разрушенная пещера расположена на опушке предлагаемой к охране нагорной дубравы у с. Титчиха.

К числу уникальных ландшафтов изучаемого района можно отнести и так называемые «каменные леса» – останцово-водораздельный тип местности с выходами кварцитов аптских песчаников. Классическим примером является останец в 1 км к западу от с. Новосильское Семилукского района; многочисленные выходы песчаников отмечены на правом берегу р. Ведуги и в Черневском яру. В перечисленных местонахождениях целесообразна организация памятников природы. В настоящее время охраняются лишь песчаники в урочище Чернышова гора, однако ряд облигатных оксифильных петрофитов открытых местообитаний там отсутствует. Всего на песчаниках отмечено около 35 видов, охраняемых 5.8 %, редких и интересных – 30 %. Уровень охраны петрофитов является самым низким.

Эколого-биологические особенности мохообразных, в частности, приуроченность к специфическим субстратам (мел, песчаники), способность долго существовать в небольших по площади, но стабильных по экологическим режимам экологических микронишах (чистые родники, выемки с мелкоземом, плотная поверхность камней, каменистые осыпи) обуславливают высокий уровень биразнообразия и в некоторых техногенных ландшафтах. В *карьерах по добыче глины, песчаников, песка* выявлено около 45 видов, охраняемых 2.2 %, редких и интересных 25 %. Видовой состав очень разнороден и включает как ацидофильные виды, так и кальцефиты; как гигрофиты, так и ксерофиты. Подобные ландшафты не охраняются, зачастую превращаются в свалки, в некоторых случаях отводятся под дачи, реже под культурные объекты (урочище Белый Колодец у с. Девица), иногда стихийно используются как рекреационные объекты (Белое озеро у с. Девица) Нами предлагаются к охране карьеры у с. Бехтеево, с. Стрелица.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Бриофлора Придонского мелового ландшафтного района северной лесостепи характеризуется достаточно высоким уровнем видового (142 вида) разнообразия, а также обилием редких видов – в основном из числа неморальных эпифитов, степных кальцефитов и видов горной экологии. Около 90 % видового состава представлено на действующих охраняемых территориях.
2. В Красную книгу Воронежской области занесены 16 видов. Лишь 3 вида из Красной книги области имеют в Придонском меловом районе 100 % территориальной охраны; у 3 видов все местонахождения охранного статуса не имеют; у прочих видов лишь 30–40 % местонахождений обеспечены территориальной охраной.

3. Наибольшую природоохранную ценность из числа действующих ООПТ имеют ГПЗ «Семилукский», памятники природы «Чернышова гора», «Крутцы», «Майдан», «Костенки-Борщево». Высокое видовое богатство и долю редких видов имеют предлагаемые нами объекты: ГПЗ «Потуданский», памятники природы «Правобережье р. Дон между селами Сторожевое и Титчиха», Правобережье р. Ведуга между селами Терновое и Губарево», «Урочище Каменный лес у с. Новосильское», Латненские карьеры.
4. Степень дублированности характерных ландшафтов северной лесостепи в действующей системе ООПТ неравнозначна. Достаточно хорошо представлены нагорные и байрачные дубравы, а также кальцефитно-петрофитные степи. Такие типы урочищ как выходы песчаников, родники, старинные парки охвачены охраной недостаточно. Перевод проектируемых ООПТ в действующие, а также организация заказника «Потуданский» обеспечит 100 % территориальной охраны редких видов и значительно повысит уровень репрезентативности системы ООПТ Воронежской области в целом.

Список литературы

1. Физико-географическое районирование Центральных Черноземных областей / Под ред. Ф. Н. Милькова. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1961. – 262 с.
2. Приказ департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 18 января 2021 г., №13 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий областного и местного значения на территории Воронежской области по состоянию на 01.01.2021».
3. Хмелев К. Ф. Флора мохообразных бассейна Среднего Дона / К. Ф. Хмелев, Н. Н. Попова. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1988. – 169 с.
4. Попова Н. Н. Бриофлора Среднерусской возвышенности.1. / Н. Н. Попова // *Arctoa*. 2002. – Vol. 11. – P. 101–168.
5. Попова Н. Н. Бриофлора государственных региональных заказников Воронежской области / Н. Н. Попова // *Вестник Тверского гос. ун-та*. – 2021. – №1. – С. 137–155.
6. Попова Н. Н. Бриофлора старинных усадебных парков Воронежской области / Н. Н. Попова // *Бот. журн.* – 2018. – Т.103, №5. – С. 586–606.
7. Потемкин А. Д. Печеночники и антоцеротовые России. Т. 1. / А. Д. Потемкин, Е. В. Софронова. – СПб.-Якутск, 2009. – 368 с.
8. Флора мхов России / М. С. Игнатов (отв. ред.). Т. 2. – М., 2017. – 560 с.; Т. 4. – М., 2018. – 543 с.; Т. 5. – М., 2020. – 600 с.
9. Приказ департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 4 февраля 2013 г., № 19 (с изменениями на 02.07.2015) «Об утверждении схемы развития и размещения особо охраняемых территорий областного значения Воронежской области».
10. Памятники природы Воронежской области. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1970. – 229 с.
11. Красная книга Воронежской области. Растения. Лишайники. Грибы. Т. 1. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. – 412 с.
12. Попова Н. Н. Бриологическое обоснование организации комплексного государственного заказника «Потуданский» / Н. Н. Попова // *Дивногорье сборник: труды музея-заповедника «Дивногорье»*. – Вып 8. – Воронеж: «Пресс-Бургер», 2021 – С. 54–58.

**BRYOFLORA OF EXISTING AND PROSPECTIVE PROTECTED AREAS OF
THE PRIDONSKY CRETACEOUS REGION OF THE NORTHERN FOREST-
STEPPE (VORONEZH REGION)**

Popova N. N.

*Voronezh State Academy of Sports, Voronezh, Russia
E-mail: leskea@vmail.ru*

One of the promising, in our opinion, directions in the systematization of protected areas is the landscape-ecological approach. Using the example of mosses, which we have been studying for more than thirty years, an attempt has been made to analyze the species diversity of mosses of existing and projected protected areas of such a natural allotment as a landscape area. The purpose of this study is to assess the representativeness of the network of protected areas of the Pridonsky Cretaceous landscape area of the northern forest-steppe of the Central Russian Upland and its role in the preservation of bryophloristic complexes of characteristic landscapes. The Pridonsky Cretaceous landscape area, with an area of 10741 km², is located on the right bank of the Don River between the valleys of the Snova River in the north and the Quiet Pine in the south within the Voronezh region. The area is characterized by significant ravine-girder dissection and an abundance of Cretaceous outcrops of the Turonian and Senomanian tiers with a specific calcefit-petrophytic flora. The network of protected areas in the district is represented by five state nature reserves and twenty natural monuments. Collections of mosses were carried out by the route method starting from 1982 to 2021. All the existing, projected, and recommended facilities have been studied (about 70). Cameral processing was carried out using generally accepted briological techniques. About 700 samples have been identified. Herbarium collections are stored in the stock herbarium of the reserve "Galichya Gora" (VU). In total, 142 species of mosses are known to date as part of the bryoflora of the Pridon Cretaceous landscape area, about 90 % of the species composition is concentrated in the existing protected areas. Approximately 35 % of the total volume of bryofloras are frequent and abundant, almost such is the proportion of species having 1–3 locations. 16 species are listed in the Red Book of the Voronezh Region. Only 3 species from the Red Book of the region have 100 % territorial protection in the Pridonsky Chalk region; 3 species have no protected status in all locations; in other species, only 30–40 % of locations are provided with territorial protection. The transfer of the projected protected areas into operating ones, as well as the organization of the Potudansky nature reserve, will ensure 100 % territorial protection of rare species. Among the typical landscapes of the northern forest-steppe, upland oak forests are distinguished by the highest level of species richness of mossy – 85 species, the share of red-book (11 %) and rare and interesting species in general (42 %). Only 2 objects have the status of natural monuments – "Chernyshova Gora" and "Borshchevo-Kostenki"; it is possible to ensure the proper level of protection of valuable old-age oak forests with a complex of rare mossy, as well as relict sub-forests by organizing the Potudansky nature reserve and the nature monument "Right Bank of the river Don between the villages of Storozhevoye and Titchikha". About 30 species of mossy, protected 3.3 %, rare and interesting species 17 % have been

identified in alders. Partially alder trees are included in the territories of the reserves "Springs" and "Steppe Beam in the vicinity of the village of Ostryanka" To optimize the protection of alder trees, it is advisable to adjust the boundaries of the listed objects and organize the reserve "Potudansky", where alder trees occupy significant areas and are well preserved. In calcifite-petrophytic steppes, 25 species of mosses grow, protected – 8 % of the total number of species, rare and interesting – 40 %. Only 6 objects have the protected status. As recommendations, we can offer: to expand the boundaries of a number of objects and organize a protective regime in a number of preserved steppe tracts on the territory of the Nizhnedevitsky and Khokholsky administrative districts. Of bryological interest are some hydrological (springs), geological (worked-out quarries, sandstone outcrops) and cultural-historical (ancient manor parks, cave temples) objects. Only some springs and parks have the status of a specially protected natural area. We have proposed a number of valuable objects from these categories for protection.

Keywords: bryoflora, species diversity, forest-steppe, Red Book, natural monuments, rare species, representativeness.

References

1. Milkov F. N. (ed.) *Physico-geographical zoning of the Central Chernozem regions*, 262 p. (Voronezh: Voronezh University Press, 1961).
2. Order of the Department of Natural Resources and Ecology of the Voronezh Region dated January 18, 2021, No. 13 "On approval of the list of specially protected natural territories of regional and local significance on the territory of the Voronezh Region as of 01.01.2021".
3. Khmelev K. F., Popova N. N. *Flora of the mossy basin of the Middle Don*, 169 p. (Voronezh: Voronezh University Press, 1988.)
4. Popova N. N. Bryoflora of the Central Russian upland. I. *Arctoa*, **11**, 101 (2002).
5. Popova N. N. Bryoflora of the state regional reserves of the Voronezh region, *Bulletin of the Tver State University*, **1**, 137 (2021).
6. Popova N. N. Bryoflora of ancient manor parks of the Voronezh region, *Botanical journal*, **103** (5), 586 (2018).
7. Potemkin A. D., Sofronova E. V. *Liverworts and anthocerotous of Russia*, 368 p. (St. Petersburg.-Yakutsk, 2009). –
8. *Flora of mosses of Russia* / M. S. Ignatov (ed.). **2**, 560, (Moscow, 2017); **4**., 543, (Moscow, 2018); **5**, 600 (Moscow, 2020).
9. Order of the Department of Natural Resources and Ecology of the Voronezh region Dated February 4, **19** (as amended on 02.07.2015) "On approval of the scheme for the development and placement of specially protected areas of regional significance of the Voronezh Region" (2013).
10. *Natural monuments of the Voronezh region*, 229 p. (Voronezh: Central Chernozem Book Publishing House, 1970).
11. *The Red Book of the Voronezh region. Plants. Lichens. Mushrooms*. **1**, 412 p. (Voronezh: Center of spiritual Revival of the Chernozem region, 2018).
12. Popova N. N. *Bryological substantiation of the organization of the integrated state reserve "Potudansky", Divnogorye collection: proceedings of the museum-reserve "Divnogorye"*, **8**, 54 (Voronezh: "Press Burger", 2021).

УДК 663.253.3

ВЛИЯНИЕ УХОДНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА АНТОЦИАНОВЫЙ КОМПЛЕКС ВИНА ИЗ СОРТА ВИНОГРАДА КАБЕРНЕ СОВИНЫОН

*Праха А. В.¹, Якуба Ю. Ф.¹, Васяров Г. Г.², Титова Е. В.², Дробь А. А.³,
Староверов С. М.³*

¹*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия*

²*АО «БиоХимМак СТ», Москва, Россия*

³*МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

E-mail: aprakh@yandex.ru

Рост, развитие и продуктивность виноградника зависит от выбора определенной системы ведения кустов, типа опор, обрезкой, формированием кустов и т.д. При выполнении исследования использовали виноград сорта Каберне Совиньон, урожая 2020 года, на котором проводили операции с зелеными частями куста, вино вырабатывали в микроцехе ФГБНУ СКФНЦСВВ. Анализ вина проводили хроматографическими и химическими методами, органолептическую оценку получали в результате работы дегустационной комиссии. Проведенные агротехнические приемы оказали влияние на увеличение в сусле сахаров, которое составило от 8 до 36 г/л и снижение концентраций титруемых кислот от 0,9 до 1,2 г/л. Компонентный состав антоцианового комплекса показал, что вино, полученное в результате применения агротехнических приемов с зелеными частями лозы, превосходило контроль по массовым концентрациям гликозидов, что позволяет говорить о влиянии зеленых операций на биохимический состав ягод. В результате дегустации отмечено, что вино опытных вариантов характеризовались сортовым, ягодным ароматом.

Ключевые слова: технология, вино, антоцианы, анализ, мацерация.

ВВЕДЕНИЕ

Фазы развития растения зависят от почвенно-климатических условий, минерального питания, изменение которых в том или ином направлении влияет на обмен веществ и, в конечном счете, на величину урожая [1]. Начало созревания ягод винограда связано с происходящими в них сложными химическими изменениями, в результате чего ягода становится мягкой и более светлой, а кожица ягод у белых сортов приобретает эластичность и прозрачность [2, 3].

Управление ростом, развитием и продуктивностью винограда достигается выбором определенной системы ведения кустов, типа опор, обрезкой и формированием кустов, применением направленных операций с их зелеными частями, а также воздействием на почву за счет внесения минеральных и органических удобрений, орошением и другими приемами, обеспечивающими прогрессивное повышение ее плодородия и высокую продуктивность насаждений.

Цель операций с зелеными частями растений – придание необходимых характеристик урожаю, снижение степени поражения виноградников болезнями. Основные применяемые операции – чеканка, обломка, прищипывание,

пасынкование, нормирование гроздей, прореживание листьев. Но нельзя не учитывать и изменчивость климата в районах традиционного виноградарства. Углекислый газ – один из основных факторов изменения климата – причина тепловых ударов, засухи, увеличивает рост и урожайность виноградной лозы и, следовательно, может повлиять на качество плодов винограда. Эксперименты показали, что повышенное содержание углекислого газа в смоделированной атмосфере не оказывало отрицательного воздействия на качество ягод, но привело к повышению содержания хлорофилла в листьях винограда [4, 5].

Моделирование изменения климата (засуха, повышение концентрации углекислого газа, тепловые удары) показало, что это в большей степени повлияло на технологическую, чем на биологическую зрелость винограда [6]. Следующий фактор – неоднородность размера ягод – часто встречающееся явление, оказывающее большое влияние на качество вина. Установлено, что состав вина из сорта Каберне Совиньон варьировал в зависимости от размера ягод – вино, приготовленные из мелких ягод (менее 0,75 г) отличалось более высоким содержанием спирта и остаточного сахара. Выяснено, что мелкие ягоды более желательны для приготовления вина с более глубоким и насыщенным цветом. Вариации размера ягод (мелкие или крупные – более 1,25 г) показали ограниченное влияние на летучие соединения вина – только для содержания 1-гексанола и 2,3-бутандиола найдены устойчивые и значимые тенденции [7]. Отмечено, что самые крупные ягоды сорта Шираз (более 2,5 г) имели более низкие качественные характеристики: вино лучшего качества было получено из ягод массой менее 1,5 г. Получить определенный стиль вина можно путем выбора ягод определенной массы [8].

Увеличение массы ягод было гораздо менее чувствительно к дефициту воды, чем рост побегов виноградной лозы. Предположено, что дефицит воды в конце вегетационного сезона может привести к получению ягод с увеличенной массой кожицы и семян [9]. Интенсивность света и температура, распределение которых по участку зависит от формирования виноградника, сильно влияют на рост и качество ягод [10]. Проведены полевые испытания по применению средств для затенения гроздей (ткань и светонепроницаемые мешки для яблок), далее были проведены органолептические анализы полученного урожая и продукции переработки. Плоды из полностью открытых гроздей имели на 30 % более высокие концентрации летучих терпенов по сравнению с сильно затененными гроздьями [11]. Изучена взаимосвязь между диаметром и цветом ягод и титруемой кислотностью, ароматическими соединениями и фенольными веществами вина из сорта Рислинг. Вина из более мелких ягод в этом испытании имели повышенную концентрацию норизопреноидов и более низкий pH. Отмечено, что диаметр и цвет ягод изменчив в пределах отдельных виноградников, лоз и отдельных гроздей, а сортировка по размеру или цвету ягод приведет к получению вин с ярко выраженной разницей в ароматических соединениях, цвете и кислотности [12].

Последние достижения в оценке силы роста, размера и урожайности виноградных лоз с использованием датчиков с географической привязкой делают возможным картирование нагрузки сельскохозяйственных культур с высоким разрешением [13].

Глобальное потепление влияет на титруемую кислотность и свежие ароматы винограда, который предназначен для производства игристых вин [14]. Исследование на виноградной лозе сорта Шасла по ограничению урожая путем прореживания гроздей проведено для контроля содержания азота в зрелых ягодах. Установлена мобилизация корневых резервов для достижения баланса содержания общего азота в ягодах. Однако профиль свободных аминокислот ягод подвергнулся изменению, что может повлиять на аромат продуктов переработки [14].

Цель работы: изучить влияние операций с зелеными частями виноградной лозы Каберне Совиньон на содержание антоцианов и физико-химические показатели получаемого вина.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Определение концентрации компонентов осуществляли по официальному нормативному подходу при разделении антоцианов в красных и розовых винах, изложенному в OIV [15].

Анализ проводили в градиентном режиме на жидкостном хроматографе Azura (Knauer, Германия) с УФ-детектором и программным обеспечением ClarityChrom (Чехия). В работе использовали колонки Диасфер-110-C18, 3.5 мкм, 4.6x150 мм и Kromasil Eternity XT, 5 мкм, 4.6x150 мм. Для идентификации использован хромато-масс-спектрометр Shimadzu LC-MS-2020 (Япония) с программным обеспечением LabSolution (Германия). Обращенно-фазовую (ОФ) ВЭЖХ на хроматографе Azura проводили в элюентах на основе: муравьиной кислоты: А – 8.5 % (об.) водный раствор HCOOH; В – HCOOH/ ACN/MeOH/H₂O (8.5:22,5:22,5:41.5, об.). Анализ суммарного содержания красящих веществ выполняли с помощью рН-дифференциального спектрофотометрического анализа. Для приготовления растворов использовали деионизованную воду, полученную на установке Millipore Simplicity (Millipore, США), удельное сопротивление воды составляло 18,2 МОм·см, ацетонитрил «SuperGradient» (Panreac, Испания), метанол «Gradient HPLC Grade» (J. T. Baker, Голландия), муравьиную кислоту «HPLC» (Fluka, Швейцария), трифторуксусную кислоту «UV» (Panreac, Испания), хлорную кислоту 70 % (Sigma-Aldrich, США), ацетат натрия 99 % (Panreac, Испания), соляную кислоту, х. ч. (Сигма Тек, Россия). Идентификацию пиков проводили с помощью стандартных образцов Mvd-Glu (Sigma-Aldrich, Германия), а также ВЭЖХ-МС. Исходный виноматериал был профильтрован на нейлоновых фильтрах 0,2 мкм (Agilent, США).

Объекты исследования – сухие вина из сорта винограда Каберне Совиньон, выращенного в Краснодарском крае, выработанные в микроцехе ФГБНУ СКФНЦСВВ. Органолептическая оценка виноматериалов получена в ходе дегустаций членами дегустационной комиссии СКФНЦСВВ по 10-ти бальной системе в соответствии с ГОСТ 32051-2013 «Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа» [16]. При оценке качества учитывали: цвет, прозрачность, гармоничность, полноту, вкус, аромат и наличие посторонних тонов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При выполнении исследования использовали виноград сорта Каберне Совиньон, урожая 2020 года, на котором проводили операции с зелеными частями куста.

Схема опыта:

первый вариант – контроль (производственный);

второй вариант – однократное удаление пасынков;

третий вариант – прищипка на побегах второго порядка (пасынков);

четвертый вариант – нормировка гроздей, при этом оставлено на 1 побег 1 гроздь;

пятый вариант – нормирование гроздей, при этом оставлено 2 побега – 1 гроздь.

Анализ сусла, полученного при сборе урожая, показал, что сорт Каберне Совиньон обеспечил высокое сахаронакопление от 210 г/л (контроль) до 246 г/л (2 побега – 1 гроздь), при этом титруемая кислотность находилась в пределах 6,0–7,2 г/л. Проведенные агротехнические приемы, в вегетационный период, оказали заметное влияние на рост сахаронакопления – увеличение составило от 8 до 36 г/л, в то время как титруемые кислоты снижались от 0,9 до 1,2 г/л. Последующее выполненное исследование показало, что полученные виноматериалы полностью соответствуют требованиям ГОСТ 32030 – 2013 [17] (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические показатели сусла и сухих виноматериалов сорта Каберне Совиньон урожая 2020 г, P=0,95

№	Сусло		Виноматериал			
	массовая концентрация сахаров, г/л	массовая концентрация титруемых кислот, г/л	объемная доля этилового спирта, % об.	массовая концентрация сахаров, г/л	массовая концентрация титруемых кислот, г/л	массовая концентрация летучих кислот, г/л
1	210	7,2	12,6	3,8	7,1	0,45
2	240	6,1	14,4	3,7	6,1	0,48
3	218	6,0	13,1	2,4	6,8	0,57
4	225	6,1	13,5	2,3	7,8	0,58
5	246	6,3	14,8	2,1	5,6	0,49

В полученных виноматериалах (варианты 1–5, табл. 1) остаточная концентрация сахаров составила 2,1–3,8 г/л, содержание титруемых кислот согласовывалось с аналогичным показателем для исходного сусла, объемная доля этилового спирта достигала 14,8 %, содержание летучих кислот было типичным для виноматериалов из красных сортов винограда и не превышало 0,58 г/л. Последующее исследование компонентного состава антоцианового комплекса

показало, что зеленые операции оказали влияние на концентрации гликозидов и их формы в полученном красном вине, табл. 2.

Таблица 2

Содержание моно- и дигликозидов в виноматериалах с различными агротехническими приемами, проведенными на сорте винограда Каберне Совиньоне, 2020 г, мг/л, P=0,95

№	Моногликозиды					Дигликозиды	
	дельфинидин	цианидин	петунидин	пеонидин	мальвидин	пеонидин	мальвидин
1	4,7	0,4	5,8	3,6	60,0	0,7	0,8
2	11,9	0,9	13,4	7,1	90,8	3,5	3,5
3	9,9	0,6	13,1	4,7	87,4	8,9	9,4
4	10,5	0,8	11,4	7,5	74,3	3,0	9,6
5	7,7	0,6	9,4	6,0	66,0	5,7	9,3

Из определенных нами антоцианов, в образцах красных вин, интерес, с точки зрения технологии, представляют производные моногликозидов петунидина (синева-красные тона), пеонидина (вишнево-красные тона) и мальвидина (малиново-красный цвет). Ярко выраженные фиолетовые тона антоцианов, свойственные гибридным сортам винограда европейско-американского происхождения (табл. 3) не были выявлены в ходе рабочей дегустации.

Известно, что в европейских сортах винограда преобладает моногликозид мальвидина (свыше 50 %). В меньших количествах присутствуют моногликозиды петунидина, дельфинидина, пеонидина. В нашей работе данный показатель выделился в вариантах с однократным удалением пасынков (90,8 мг/л) и прищипкой пасынков (87,4 мг/л).

Данные анализа антоцианового комплекса показали, что вино, полученное в результате применения агротехнических приемов с зелеными частями лозы, превосходили контроль по массовым концентрациям моногликозидов, что позволяет говорить о влиянии зеленых операций на биохимический состав ягод винограда (табл. 2).

В винограде американских сортов и европейско-американских гибридов основными антоцианами являются моногликозиды, но всегда в большом количестве присутствуют дигликозиды мальвидина, дельфинидина, пеонидина. Таким образом, данный факт может способствовать определению вин, приготовленных из винограда неевропейского происхождения, и в какой-то степени объяснить

неустойчивость окраски. Массовые концентрации дигликозидов антоцианов в экспериментальных винах обнаружены в небольших количествах.

Важной оценкой проведенных агротехнических приемов, является дегустация полученных образцов виноматериалов. В ходе дегустации оценивали цветовую характеристику, аромат, вкус образца, его типичность, соответствие сортовым особенностям. Все образцы характеризовались интенсивной, красно-рубиновой, окраской. В виноматериале контроля отмечен фиолетовый оттенок, который может говорить о влиянии моногликозидов петунидина и мальвидина, несмотря на низкие массовые показатели в сравнении с вариантами опыта, а также на степень зрелости при данных агротехнических условиях (табл. 3).

Таблица 3

Органолептическая оценка образцов вин, полученных в ходе переработки винограда по вариантам исследования

№		Характеристика образца	Средний балл
1	Каберне Совиньон Контроль	Цвет темно-красный, фиолетовый оттенок. Аромат ягодный. Вкус чистый, легкий, простой и свежий	7,6
2	Каберне Совиньон удаление пасынков	Цвет темно-красный. Аромат ягодный. Вкус чистый, легкий, умеренно свежий	8,0
3	Каберне Совиньон удаление верхушек пасынков (3 листа оставили)	Цвет рубиновый. Аромат ягодный с оттенками чернослива, ежевики, калины. Вкус полный, танинный с долгим послевкусием	8,1
4	Каберне Совиньон 1 побег – 1 гроздь	Цвет темно-красный. Аромат ягодный. Вкус чистый, легкий, умеренно свежий	8,0
5	Каберне Совиньон 2 побега – 1 гроздь	Цвет темно-рубиновый. Аромат ягодный с оттенками чернослива, ежевики, калины. Вкус полный, танинный с послевкусием	7,9

Объединенная дегустационная оценка позволила заключить, что виноматериалы опытных вариантов характеризовались сортовым, ягодным ароматом, с чистым, полным вкусом и не имели посторонних тонов и пороков. Средний балл был не менее 7,9, что на 0,3 балла превосходило контроль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные агротехнические приемы с зелеными частями лозы в вегетационный период, оказали заметное влияние на рост сахаронакопления – увеличение составило от 8 до 36 г/л, в то время как титруемые кислоты снижались от 0,9 до 1,2 г/л.

Данные анализа антоцианового комплекса показали, что вино, полученное с применением агротехнических приемов с зелеными частями лозы, превосходило по массовым концентрациям гликозидов контроль, что позволяет говорить о влиянии зеленых операций на биохимический состав ягод винограда.

Все образцы характеризовались интенсивной, красно-рубиновой, окраской. В виноматериале контроля отмечен фиолетовый оттенок, который может говорить о влиянии моногликозидов петунидина и мальвидина, несмотря на низкие массовые показатели в сравнении с вариантами опыта, а также на степень зрелости при данных агротехнических условиях.

Список литературы

1. Мамедов М. И. Прохождение фаз вегетации винограда в зависимости от метеорологических факторов / М. И. Мамедов // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – №4. – С. 48–53.
2. Edwards E. J. The response of commercially managed, field grown, grapevines (*Vitis vinifera* L.) to a simulated future climate consisting of elevated CO₂ in combination with elevated air temperature / E. J. Edwards, D. J. Unwin, K. J. Sommer [et al.] // Acta Hort. – 2016. – Vol. 1115. – P. 103–110. DOI:10.17660/ActaHortic.2016.1115.16
3. Edwards E. J. Multi-seasonal effects of warming and elevated CO₂ on the physiology, growth and production of mature, field grown, Shiraz grapevines / E. J. Edwards, D. Unwin, R. Kilmister [et al.] // Oeno One. – 2017. – Vol. 51. – P.127–132.
4. Wohlfahrt Y. Primary productivity and physiological responses of *Vitis vinifera* L. cvs. under free air carbon dioxide enrichment (FACE) / Y. Wohlfahrt, J. Smith, S. Tittmann [et al.] // Eur. J. Agron. – 2018. – Vol. 101. – P.149–162.
5. Wohlfahrt Y. The effect of elevated CO₂ on berry development and bunch structure of *Vitis vinifera* L. cvs. Riesling and Cabernet Sauvignon / Y. Wohlfahrt, S. Tittmann, D. Schmidt [et al.] // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10. – P. 24. DOI:10.3390/app10072486.
6. Kizildeniz T. Using fruit-bearing cuttings of grapevine and temperature gradient greenhouses to evaluate effects of climate change (elevated CO₂ and temperature, and water deficit) on the cv. red and white Tempranillo. Yield and must quality in three consecutive growing seasons (2013–2015) / T. Kizildeniz, I. Pascual, J. J. Irigoyen [et al.] // Agric. Water Manag. – 2018. – Vol. 202. – P. 299–310.
7. Chen W.-K. Influences of berry size on fruit composition and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes / W.-K. Chen, F. He, Y.-X. Wang [et al.] // S. Afr. J. Enol. Vitic. – 2018. – Vol. 39. – P. 67–76.
8. Melo M. S. Berry size variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah: Morphological dimensions, berry composition and wine quality / M. S. Melo, H. R. Schultz, C. G. Volschenk [et al.] // S. Afr. J. Enol. Vitic. – 2015. – Vol. 36. – P. 1–10.
9. Roby G. Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit / G. Roby, M. Matthews // Aust. J. Grape Wine Res. – 2004. – Vol. 10. – P. 74–82.
10. Muganu M. Microclimate influence on the morphology of grape berry at maturity and on the quality of the berries during the postharvest dehydration process / M. Muganu, A. Bellincontro, F. E. Barnaba [et al.] // Acta Hort. – 2012. – Vol. 931. – P. 179–185. DOI:10.17660/ActaHortic.2012.931.19
11. Skinkis P. A. Effects of sunlight exposure on berry and wine monoterpenes and sensory characteristics of traminette / P. A. Skinkis, B. P. Bordelon, E. M. Butz // American J. Enol. Viticulture. – 2010. – Vol. 61. – P. 147–156.
12. Friedel M. Influence of berry diameter and colour on some determinants of wine composition of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling / M. Friedel // Austr. J. Grape Wine Research – 2016. – Vol. 22. – P. 215–225. DOI:10.1111/ajgw.12210
13. Taylor J. A. Considerations on spatial crop load mapping / J. A. Taylor, J. Dresser, C. Hickey [et al.] // Austr. J. Grape Wine Research. – 2018. – Vol. 25. – P. 144–155. DOI:10.1111/ajgw.12378

14. Verdenal Th. Corrigendum to: Impact of crop load on nitrogen uptake and reserve mobilisation in *Vitis vinifera* 2020 / Th. Verdenal // *Functional Plant Biology*. – 2020. – Vol. 47. – P. 769. DOI:10.1071/FP20010_CO
15. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. 2013. V. 2. OIV- MA-AS315-11: R2007 HPLC-Determination of nine major anthocyanins in red and rosé wine.
16. ГОСТ 32051-2013 «Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа». – М.: Стандартиформ, 2013
17. ГОСТ 32030-2013 «Вина столовые и виноматериалы столовые». – М.: Стандартиформ, 2013.

THE EFFECT OF NURSING OPERATIONS ON THE ANTHOCYANIN COMPLEX OF WINE FROM THE CABERNET SAUVIGNON GRAPE VARIETY

Prakh A. V.¹, Yakuba U. F.¹, Vasiyarov G. G.², Titova E. V.², Drob A. A.³, Staroverov S. M.³

¹*Federal State Scientific Budget Institution «North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar, Russia*

²*JSC «BioChemMack S&T», Moscow, Russia*

³*Lomonosov State University, Moscow, Russia*

E-mail: aprakh@yandex.ru

The productivity of grapes depends on the bush management system, the application of mineral and organic fertilizers, irrigation and other techniques. These agrotechnical operations provide a progressive increase in the fertility of vineyards. When performing the study, Cabernet Sauvignon grapes were used, the harvest of 2020, on which operations were carried out with the green parts of the bush, the wine was produced in the mini winery of a scientific institution. The concentration of anthocyanins was determined using a liquid chromatograph, a chromato-mass spectrometer was used to identify the components, and the analysis of the total content of coloring substances was performed using pH differential spectrophotometric analysis. It was found that the carried out agrotechnical techniques had a noticeable effect on the increase in carbohydrates in the wort, which ranged from 8 to 36 g/l and contributed to a decrease in the concentrations of titrated acids from 0.9 to 1.2 g/l. The study of the component composition of the anthocyanin complex showed that the wine obtained as a result of the use of agrotechnical techniques exceeded the control variant in mass concentrations of monoglycosides. In hybrid grape varieties, monoglycosides are the main anthocyanins, but diglycosides of malvidin, delphinidin, and peonidin are always present in significant quantities. It is the presence of diglycosides that to some extent explains the instability of the color of wine from hybrid grape varieties. As a result of the experiments with grapevine, the mass concentrations of anthocyanin diglycosides in experimental wines were found in small quantities: malvidin diglycoside no more than 9.6 mg/l, peonidin diglycoside no more than 8.9 mg/l. As a result of the tasting, it was noted that the wine obtained during the experiments was characterized by intense coloring, berry aroma, pure taste without extraneous tones.

Keywords: technology, wine, anthocyanins, analysis, maceration.

References

1. Mamedov M. I. Proxozhdenie faz vegetacii vinograda v zavisimosti ot meteorologicheskix faktorov, *Pochvovedenie i agroximiya*, **4**, 48 (2016).
2. Edwards E. J., Unwin D. J., Sommer K. J., Downey M. O., Mollah M. The response of commercially managed, field grown, grapevines (*Vitis vinifera* L.) to a simulated future climate consisting of elevated CO₂ in combination with elevated air temperature, *Acta Hort.*, **1115**, 103 (2016).
3. Edwards E. J., Unwin D., Kilmister R., Treeby M. Multi-seasonal effects of warming and elevated CO₂ on the physiology, growth and production of mature, field grown, Shiraz grapevines, *Oeno One*, **51**, 127 (2017).
4. Wohlfahrt Y., Smith J., Tittmann S., Honermeier B., Stoll M. Primary productivity and physiological responses of *Vitis vinifera* L. cvs. under free air carbon dioxide enrichment (FACE), *Eur. J. Agron.*, **101**, 149 (2018).
5. Wohlfahrt Y., Tittmann S., Schmidt D., Rauhut D., Honermeier B., Stoll M. The effect of elevated CO₂ on berry development and bunch structure of *Vitis vinifera* L. cvs. Riesling and Cabernet Sauvignon, *Applied Sciences*, **10**, 24 (2020).
6. Kizildeniz T., Pascual I., Irigoyen J. J., Morales F. Using fruit-bearing cuttings of grapevine and temperature gradient greenhouses to evaluate effects of climate change (elevated CO₂ and temperature, and water deficit) on the cv. red and white Tempranillo. Yield and must quality in three consecutive growing seasons (2013–2015), *Agric. Water Manag.*, **202**, 299 (2018).
7. Chen W.-K., He F., Wang Y.-X., Liu X., Duan C.-Q., Wang J. Influences of berry size on fruit composition and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes, *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **39**, 67 (2018).
8. Melo M. S., Schultz H. R., Volschenk C. G., Hunter J. J. Berry size variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah: Morphological dimensions, berry composition and wine quality, *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **36**, 1 (2015).
9. Roby G., Matthews M. Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit, *Aust. J. Grape Wine Res.*, **10**, 74 (2004).
10. Muganu M., Bellincontro A., Barnaba F. E., Mencarelli F. Microclimate influence on the morphology of grape berry at maturity and on the quality of the berries during the postharvest dehydration process, *Acta Hort.*, **931**, 179 (2012).
11. Skinkis P. A., Bordelon B. P., Butz E. M. Effects of sunlight exposure on berry and wine monoterpenes and sensory characteristics of traminette, *American J. Enol. Viticult.*, **61**, 147 (2010).
12. Friedel M. Influence of berry diameter and colour on some determinants of wine composition of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling, *Austr. J. Grape Wine Research*, **22**, 215 (2016).
13. Taylor J. A., Dresser J., Hickey C., Nuske S. Considerations on spatial crop load mapping, *Austr. J. Grape Wine Research*, **25**, 144 (2018).
14. Verdenal Th. Corrigendum to: Impact of crop load on nitrogen uptake and reserve mobilisation in *Vitis vinifera* 2020, *Functional Plant Biology*, **47**, 769 (2020).
15. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. 2013. V. 2. OIV- MA-AS315-11: R2007 HPLC-Determination of nine major anthocyanins in red and rosé wine.
16. GOST 32051-2013 «Produkciya vinodel`cheskaya. Metody` organolepticheskogo analiza», 14 p., (Standartinform, 2013).
17. GOST 32030-2013 «Vina stolovy`e i vinomaterialy` stolovy`e», 8 p. (Standartinform, 2013).

УДК 581.84

**ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АНАТОМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ
ГЕМИПАРАЗИТОВ *ODONTITES LUTEUS* (L.) CLAIRV. И *ODONTITES
VULGARIS* MOENCH (OROBANCHACEAE) В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО
КРЫМА**

Просьянникова И. Б., Серова Д. В.

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

В результате исследований, проведённых в течение вегетационных периодов 2019 и 2021 г.г. на степных склонах в южных окрестностях села Левадки и поселка Чистенькое (Республика Крым, Симферопольский р-н.), составлен конспект флоры пробной площади: обнаружено 152 вида высших растений, принадлежащих 123 родам, 35 семействам и 29 порядкам отдела (Magnoliophyta), что составляет 5,9 % от 2536 видов флоры Крыма; зафиксировано 7 видов растений, занесённых в Красную книгу Крыма. Проведена оценка численности полупаразита *Odontites luteus*, исследованы показатели семенной продуктивности и эффективности плодообразования полупаразита. Проведено сравнение фенологических спектров гемипаразитов *Odontites luteus* и *Odontites vulgaris* и анализ их анатомо-топографических зон вегетативных органов. Исходя из анатомического строения вегетативных органов, *O. luteus* и *O. vulgaris* можно отнести к экологической группе ксеромезофиты.

Ключевые слова: цветковые гемипаразиты *Odontites luteus* и *Odontites vulgaris*, феноспектры, численность, семенная продуктивность, энергия прорастания семян и всхожесть, анатомическое строение, Предгорный Крым.

ВВЕДЕНИЕ

По подсчётам Е. S. Teryokhin [1] из 269 тысяч видов цветковых растений, описанных на нашей планете, приблизительно 33 тысячи видов живут благодаря паразитизму. Паразитизм у цветковых растений всегда рассматривался исследователями как вторичное явление по отношению к свободноживущему состоянию. Исходя из этого, можно сделать вывод, что паразитизм среди цветковых растений – достаточно широко распространённое явление. Эволюция паразитизма подтверждает сложный вопрос о переходе цветковых растений от автотрофного к гетеротрофному питанию и возникновению паразитического образа жизни у них.

Цветковые паразиты не имеют ведущей роли в сложении растительных сообществ. Но, несмотря на это, значение их в природе довольно высоко. Как и любые паразиты, они принимают участие в регуляции численности популяций своих хозяев, тем самым оказывая определенное влияние на формирование и стабильность природных биоценозов. Растения-паразиты из семейства

Orobanchaceae являются исключительно интересными объектами исследования, имеющими немаловажное практическое значение. С одной стороны они являются одним из важнейших объектов государственной службы карантина растений, с другой – представляют собой модель для построения широких теоретических обобщений в области паразитологии цветковых растений. Известно, что надземные побеги у ряда представителей Заразиховых могут сохранять зеленую окраску, при этом корневая система у них претерпела редукцию. Подобные растения являются корневыми полупаразитами (гемипаразитами). Примерами такого типа являются представители родов *Odontites* (= *Orphanthella*), *Melampyrum*, *Pedicularis*, *Rhinanthus* и др. Один из представителей семейства – полупаразит *Odontites luteus* (L.) Clairv. встречается в Крыму довольно редко и растет на луговых, степных и каменистых склонах почти во всех природных зонах полуострова [2]. Другой же корневого гемипаразита вид *Odontites vulgaris* Moench (= *Euphrasia serotina* Lam.) является довольно обычным для Крыма и растет на травянистых склонах в горном Крыму и на Керченском полуострове.

Изучение данных объектов является актуальным, поскольку оба вида: *O. luteus* и *O. vulgaris* могут выступать в качестве «растительных» моделей взаимоотношений между цветковым полупаразитом и растением-хозяином.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования полупаразита зубчатки желтой (*Odontites luteus* (L.) Clairv.) и зубчатки обыкновенной (*Odontites vulgaris* Moench) проводились в течение вегетационных периодов 2019 и 2021 г.г. на степных склонах в южных окрестностях села Левадки и поселка Чистенькое Симферопольского района Республики Крым (рис. 1). На пробной площади, составляющей 5395 м² (крутизна склона 20°), были случайным образом выделены 30 учетных площадок площадью по 1 м². На каждой учетной площадке в течение вегетационного периода с периодичностью один раз в 30 дней производился подсчет особей *O. luteus*.

В составе растительности заповедного урочища господствует низкорослый, сильно антропогенно измененный лес с участием *Quercus pubescens* Willd., *Carpinus orientalis* Mill., *Corylus avellana* L. и мелких кустарников (до 2–4 м высотой): *Cornus mas* L., *Berberis vulgaris* L., *Rosa canina* L., *Viburnum lantana* L., *Crataegus* L.; местами разбросаны островки соснового леса, представленные *Pinus pallasiana* D. Don., которые достигают 10–12 м высоты и 100-летнего возраста. Участки леса перемежаются с участками разнотравно-асфоделиновых степей. Урочище «Левадки» выполняет важную почвозащитную роль и является эталоном естественных древостоев в условиях центрального Предгорья Крыма (высота горного лесного массива – около 400 м над уровнем моря) [3]. Общее проективное покрытие степного участка пробной площади составляет 85–90 %.

Объектом исследований явились виды растений *O. luteus* и *O. vulgaris* (Orobanchaceae). Определение флористического состава пробной площади производили по методике А. П. Шенникова [4]. Фенологические спектры составлены по методике И. Н. Бейдеман [5]. Для анатомических исследований *O. luteus* и *O. vulgaris* использовали фиксатор следующего состава: этиловый спирт,

50 % – 90 мл; ледяная уксусная кислота – 5 мл; формалин – 5 мл. Полученные анатомические срезы окрашивали флюороглюцином с соляной кислотой [6].



Рис. 1. Картограмма локализации пробной площади, на которой проводились исследования *Odontites luteus* (L.) Clairv. (Orobanchaceae) [<https://www.google.ru/maps>].

Оценку семенной продуктивности *O. luteus* проводили по общепринятой методике [7]. Для определения всхожести и энергии прорастания семян гемипаразита использовалась методика [8]. Видовые названия высших растений приведены в соответствии с интерактивной международной сводкой «The Plant List» (<http://www.theplantlist.org>) [9].

Фотофиксацию анатомических срезов вегетативных органов *O. luteus* и *O. vulgaris* проводили с помощью фотонасадки, установленной на микроскоп медицинский прямой CX31RTSF, Olympus (Филиппины). Микроскопическая техника и оргтехника была приобретена в рамках реализации проекта Программы развития «Разработка сетевой образовательной программы по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки, направленности 03.02.08 Экология».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведённых исследований за вегетационный сезон 2021 года на пробной площади степного склона, выделенного нами вблизи заповедного урочища регионального значения «Лесная дубовая роща «Левадки»», были обнаружены и идентифицированы 152 вида высших растений, принадлежащих 123 родам, 35 семействам и 29 порядкам, что составляет 5,9 % от 2536 видов флоры Крыма [10]. Как видно из данных рисунка 1, анализ процентного соотношения семейств высших растений показал, что доля ведущих семейств: Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae и Brassicaceae составляет 61 %, а вклад остальных 28 семейств – 39 % от общего количества семейств на исследуемой пробной площади.

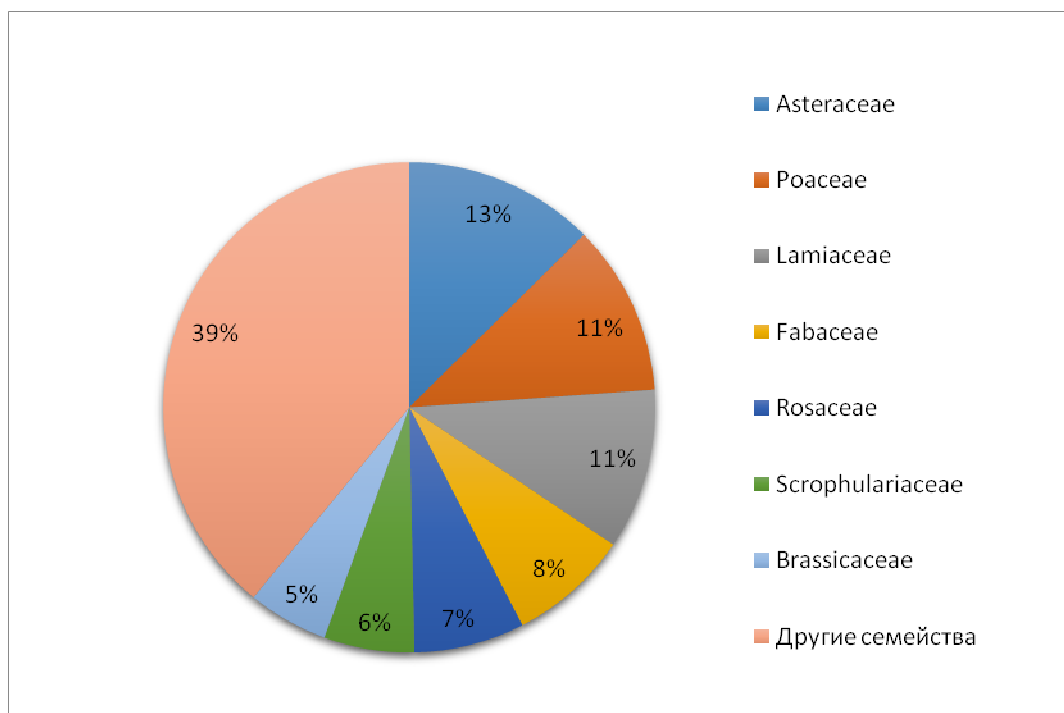


Рис. 1. Соотношение между семействами по видам высших растений на пробной площади, %.

На пробной площади были выявлены виды растений, занесенные в Красную книгу Республики Крым [11]. В данный перечень вошли следующие семь видов: *Adonis vernalis* L. – Адонис весенний; *Asphodeline taurica* (Pall. ex Bieb.) Kunth – Асфоделина крымская; *Stipa capillata* L. – Ковыль волосатик; *Senecio tauricus* Konechn. – Крестовник крымский; *Paeonia tenuifolia* L. – Пион тонколистный; *Pulsatilla taurica* Juz. – Прострел крымский; *Scabiosa praemontana* Privalova – Скабиоза предгорная, что повышает экологическое значение исследуемого участка.

Сопоставление данных численности *O. luteus*, полученные за два вегетационных сезона, показало, что численность гемипаразита увеличилась с 12 особей/м² (2019 г.) до 38 (2021 г.), что в 3,2 раза выше по сравнению с показателем 2019 года. Данный факт может свидетельствовать о сложившихся благоприятных условиях для роста и развития *Odontites luteus* и о постепенном захвате территории степи полупаразитом.

Составлен перечень видов растений, предпочитаемых *O. luteus* в качестве растений-хозяев. Среди них выявлены такие виды растений, как: *Artemisia taurica* Willd.), *A. absinthium* L., *Satureja taurica* Velen., *Reseda lutea* L., *Xeranthemum annuum* L., *Plantago lanceolata* L., виды рода *Euphorbia* L., но наиболее часто

встречающимися питающими растениями для *O. luteus* явились: *Teucrium chamaedrys* L., *T. polium* L., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin.

Нами проведен сравнительный анализ фенологических спектров двух видов гемипаразитов *O. luteus* и *O. vulgaris* (табл. 1 и 2). Так, например, на протяжении двух вегетационных сезонов 2019 и 2021 гг. начало вегетации полупаразита *O. luteus* приходится на третью декаду мая и две первые декады июня, фаза бутонизации (третья декада июня по третью декаду июля) и начала цветения растений (табл. 1) наблюдается в период с конца июня по вторую декаду августа, а период массового цветения и начала созревания плодов приходится на третью декаду августа и практически весь сентябрь. Конец цветения и полное созревание коробочек полупаразита приходится на октябрь (табл. 1).

Таблица 1
Фенологический спектр *Odontites luteus* (L.) Clairv. (Orobanchaceae)
в 2019 и 2021 гг.

Вегетация			Бутонизация			Цветение			Конец цветения, созревание плодов						
Декады 2019 года															
Ш	І	ІІ	Ш	І	ІІ	Ш	І	ІІ	Ш	І	ІІ	ІІ	І	ІІ	Ш
Май	Июнь		Июль			Август			Сентябрь		Октябрь				
Декады 2021 года															
Ш	І	ІІ	Ш	І	ІІ	Ш	І	ІІ	Ш	І	ІІ	ІІ	І	ІІ	Ш
Май	Июнь		Июль			Август			Сентябрь		Октябрь				

Полученные данные свидетельствуют, что *O. luteus*, является яровым однолетником и по ритму цветения его можно отнести к позднелетне-среднеосенним видам. Анализ данных показал, что фенологический спектр *O. luteus* в 2021 году не претерпел существенных изменений и полностью совпал с данными 2019 года. В 1,5–2 км от пробной площади в степи нами был обнаружен другой вид рода *Odontites* – *Odontites vulgaris* Moench. Оценка численности данного вида не проводилось в виду его спорадической встречаемости и низкой численности, но при этом фенологический спектр *O. vulgaris* был нами составлен. Как видно из данных таблицы 2, сроки вегетации *O. vulgaris* приходятся на первую – вторую декаду июля, а сроки бутонизации захватывают третью декаду июля и вторую декаду августа, цветение происходит с конца августа и длится до середины сентября, конец цветения и созревание плодов начинается с второй половины сентября и завершается в первой декаде октября, то есть он относится к позднелетне-осеннему виду.

Таблица 2
Фенологический спектр *Odontites vulgaris* (Orobanchaceae) в 2021 году

Вегетация			Бутонизация			Цветение			Конец цветения, созревание плодов
Декады 2021 года									
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I
Июль			Август			Сентябрь			Октябрь

Сравнивая фенологические спектры *O. luteus* (2019 и 2021 г.г.) и *O. vulgaris* (2021 г.), можно сделать вывод, что *O. vulgaris* относится к более позднецветущему виду в сравнении с другим видом данного рода – *O. luteus*.

Известно, что проростки семейства Заразиховые начинают функционировать как корневые паразиты после прорастания семян, которые могут сохранять всхожесть, находясь в почве до 10–12 лет. Для того, чтобы семя паразитического растения проросло, необходимым условием является высокая влажность почвы, также важна её кислотность и наличие корневых выделений растения-хозяина. Далее проросток семени внедряется в ткань корня растения-хозяина, присасываясь с помощью гаусторий.

Показатели семенной продуктивности и эффективность плодообразования полупаразита *Odontites luteus* (L.) Clairv. отражены в таблице 3. Как видно из данных таблицы, количество побегов на одну особь совпадает с количеством генеративных побегов и составляет в среднем 14 (13,9) штук на одну особь. Семенная продуктивность, под которой принято понимать количество семян на особь или генеративный побег, зависит от ряда внешних и внутренних факторов. Известно, что из внешних факторов наиболее значимыми являются погодные условия конкретного сезона и связанные с ними такие фенофазы растений, как: цветение и плодоношение (табл. 3). От вышеуказанных факторов зависит как опыление цветков, так и формирование плодов и семян. Так, например, количество цветков у *O. luteus* на один побег составило в среднем 17 (17,4) штук, а количество цветков и плодов на особь – 193 цветка и плода (коробочек), соответственно, что свидетельствует о высокой семенной продуктивности полупаразитического растения (табл. 3).

O. luteus, являясь однолетником, формирует значительное количество цветков и плодов в пределах одной особи, обладая высокой семенной продуктивностью. Благодаря небольшим размерам – 1,13 мм в длину и весу семян (средняя масса одного семени составляет 1,42 мг) (рис. 2; табл. 3) растения *O. luteus* способны к быстрому размножению и расселению. На рисунке 2 представлено фото семян *O. luteus*.

Известно, что энергия прорастания как показатель качества семян характеризует дружность всходов *Odontites luteus*. Среднее значение энергии прорастания (на третьи сутки с момента проращивания) семян гемипаразита *O. luteus* при четырехкратной повторности опыта составило 60 %, а всхожесть семян гемипаразита при аналогичной повторности – 72,3 %.

Таблица 3
Показатели семенной продуктивности и эффективность плодообразования
полупаразита *Odontites luteus* (L.) Clairv. в условиях Предгорного Крыма

№ п/п	Признаки	Среднее значение
1.	Среднее количество побегов на 1 особь, шт.	13,90 ± 2,07
2.	Среднее количество генеративных побегов на 1 особь, шт.	13,90 ± 2,07
3.	Средняя масса 1 соцветия, мг	170,00 ± 4,96
4.	Среднее количество цветков на 1 побег, шт.	17,40 ± 1,89
5.	Среднее количество цветков на 1 особь, шт.	193,58 ± 9,54
6.	Среднее количество плодов на 1 побег, шт.	17,40 ± 1,89
7.	Среднее количество плодов на 1 особь, шт.	193,58 ± 9,54
8.	Коэффициент плодоцветения, %	100 ± 0,21
9.	Среднее количество семян на 1 особь, шт.	1930,00 ± 95,00
10.	Средний размер семян (длина), мм	1,13 ± 0,09
11.	Средняя масса 100 семян, мг	142,33 ± 7,14



Рис. 2. Семена *Odontites luteus* (L.) Clairv. (Orobanchaceae).

Проведен сравнительный анализ анатомо-топографических зон вегетативных органов *O. luteus* и *O. vulgaris*. Выявлено, что корень у обоих видов в конце вегетации покрывается перидермой, выполняющей защитную функцию в засушливых почвенных условиях степи. В анатомической структуре корней *Odontites luteus* и *Odontites vulgaris* можно выделить следующие анатомо-топографические зоны: покровную ткань, вторичную кору, камбий и вторичную ксилему с хорошо развитыми волокнами либриформа. В центре корня зубчаток находится диархный радиальный проводящий пучок. С возрастом в центральной части корня увеличивалось число одревесневших элементов (рис. 3 А и Б).

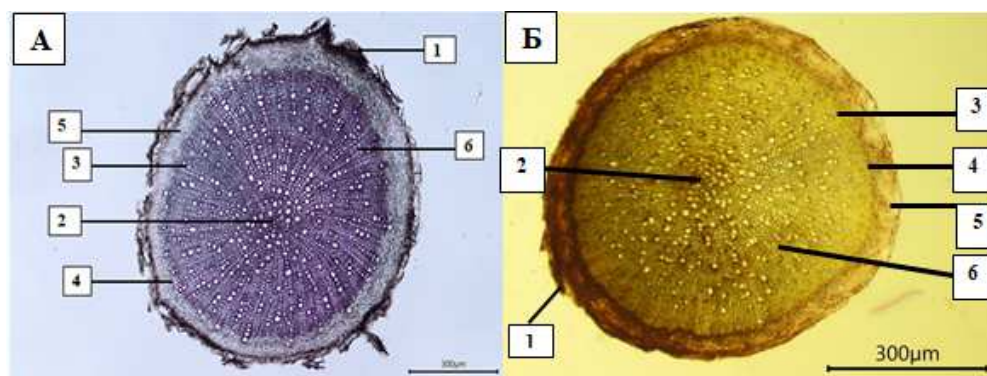


Рис. 3. Анатомическое строение корня *Odontites luteus* (L.) Clairv. (сентябрь) (А) и *Odontites vulgaris* Moench (август) (Б): 1 – перидерма, 2 – первичная ксилема, 3 – вторичная ксилема, 4 – камбий, 5 – флоэма, 6 – волокна либриформа.

Обнаружено, что анатомическое строение стебля у обоих видов имеет сходный и типичный для однолетних двудольных травянистых растений тип строения с развитыми признаками ксероморфности (рис. 4 А и Б). А наличие в паренхиме первичной коры стебля *O. luteus* и *O. vulgaris* четко выделяемого слоя крахмалоносного влагиалища (эндодермы) и отложение в нем запасных питательных веществ, вероятно, связано с полупаразитическим образом жизни растения.

В анатомическом отношении листья *O. luteus* и *O. vulgaris* имеют утолщенные наружные стенки клеток эпидермы с хорошо развитой кутикулой (рис. 5 А и Б). Снаружи лист с адаксиальной и абаксиальной сторон покрыт простыми трихомами. В листе помимо главной жилки имеется множество мелких жилок. Над центральной жилкой, представленной закрытым коллатеральным проводящим пучком, располагается колленхима, которая позволяет листу складываться и таким образом экономить влагу в засушливый период. Мезофилл листа у обоих видов однородный (диффузный), фотосинтезирующая паренхима расположена с верхней стороны листа в виде 3–2 слоев вытянутых в длину клеток, а с нижней стороны - в виде 2–3 слоев клеток. Клетки обильно заполнены хлоропластами, имеющими вытянутую форму. Лист у обоих видов при нехватке влаги способен складываться и в анатомическом отношении соответствует изолатеральному типу листьев (рис. 5).

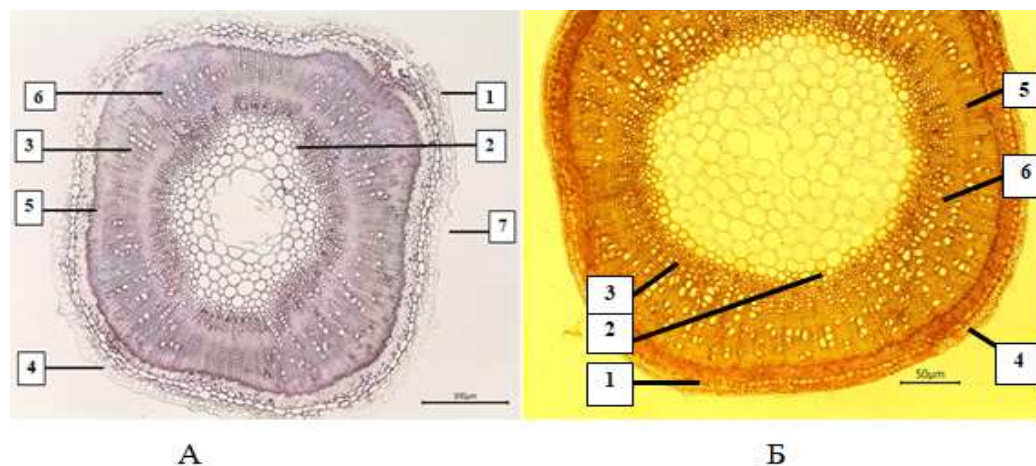


Рис. 4. Анатомическое строение стебля *Odontites luteus* (L.) Clairv. (А) и *Odontites vulgaris* Moench (Б): 1 – эпидерма, 2 – перимедулярная зона, 3 – вторичная ксилема, 4 – эндодерма (крахмалоносное влагалище), 5 – камбий, 6 – волокна либриформа, 7 – трихомы.

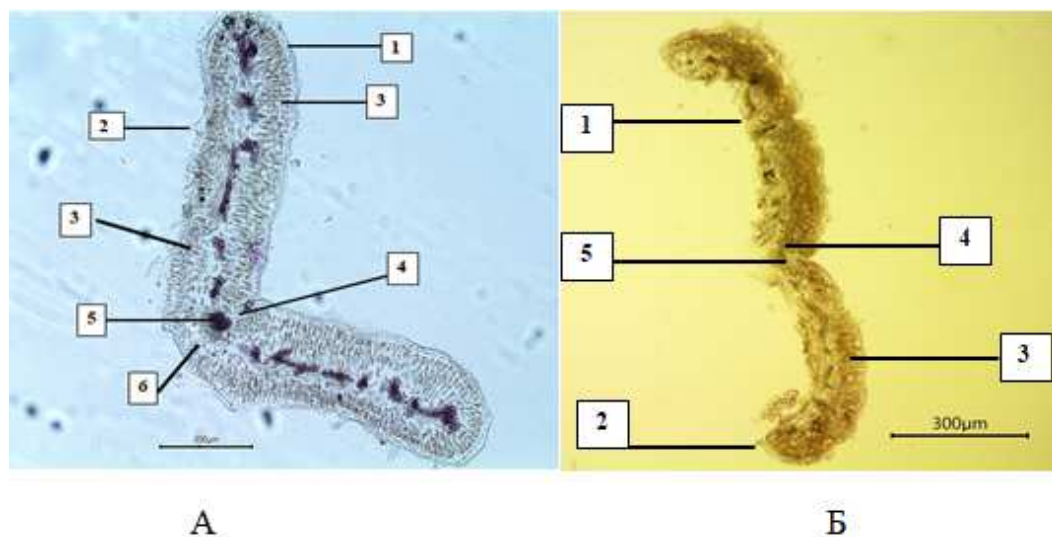


Рис. 5. Анатомическое строение листа *Odontites luteus* (L.) Clairv. (А) и *Odontites vulgaris* Moench. (Б): 1 – эпидерма, 2 – трихома, 3 – фотосинтезирующая паренхима, 4 – колленхима над проводящим пучком, 5 – центральная жилка, 6 – водозапасающие клетки паренхимной обкладки проводящего пучка.

Исходя из анатомического строения вегетативных органов, *O. luteus* и *O. vulgaris* можно отнести к экологической группе ксеромезофиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведенных в течение вегетационных периодов 2019 и 2021 г.г. на степных склонах в южных окрестностях села Левадки и поселка Чистенькое (Республика Крым, Симферопольский р-н.), составлен конспект флоры пробной площади: выявлено и определено 152 вида высших растений, принадлежащих 123 родам, 35 семействам и 29 порядкам отдела (Magnoliophyta), что составляет 5,9 % от 2536 видов флоры Крыма. Ведущими семействами являются – Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae и Brassicaceae, что составляет 61 %, а вклад остальных 28 семейств составляет 39 % от общего количества семейств на исследуемой пробной площади. Обнаружено 7 видов растений, занесенных в Красную книгу Крыма, что повышает экологическое значение исследуемого участка. Проведена оценка численности *Odontites luteus* на учетных площадках: среднее количество особей на пробной площади в течение вегетационного периода 2019 года составило 12 шт./м², а в 2021 году – 38 шт./м², что в 3,2 раза выше, чем в 2019 году, что свидетельствует о сложившихся благоприятных условиях для развития гемипаразита. Сопоставление фенологических спектров *Odontites luteus* и *Odontites vulgaris* показало, что *O. vulgaris* относится к более позднецветущему виду в сравнении с видом – *Odontites luteus*. Показатели феноспектров *O. luteus* в 2019 г. и в 2021 г. не имели существенных отличий. Составлен список растений-хозяев корневого полупаразита *Odontites luteus* – *Artemisia taurica* Willd.), *A. absinthium* L., *Satureja taurica* Velen., *Reseda lutea* L., *Xeranthemum annuum* L., *Plantago lanceolata* L., виды рода *Euphorbia* L., но наиболее часто встречающимися питающими растениями являлись: *Teucrium chamaedrys* L., *T. polium* L., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin. Исследованы показатели семенной продуктивности и эффективность плодообразования полупаразита. Выявлено, что *O. luteus*, являясь однолетником, формирует значительное количество цветков и плодов в пределах одной особи (среднее количество семян составило 1930 шт.). Энергия прорастания семян *Odontites luteus* составила 60 %, а всхожесть – 72,3 %. Проведен сравнительный анализ анатомо-топографических зон вегетативных органов *Odontites luteus* и *Odontites vulgaris*. Корень в конце вегетации покрывается перидермой, выполняющей защитную функцию в засушливых почвенных условиях. Выявлено, что анатомическое строение стебля у обоих видов имеет сходный и типичный для однолетних двудольных травянистых растений тип строения с развитыми признаками ксероморфности. Лист у обоих видов при нехватке влаги способен складываться и в анатомическом отношении соответствует изолатеральному типу. Наличие в паренхиме первичной коры стебля *O. luteus* и *O. vulgaris* четко выделяемого слоя крахмалоносного влагиалища (эндодермы) и отложение в нем запасных питательных веществ, вероятно, связано с полупаразитическим образом жизни растения. Исходя из анатомического строения вегетативных органов, *O. luteus* и *O. vulgaris* можно отнести к экологической группе ксеромезофиты.

Список литературы

1. Teryokhin, E. S. Weed broomrapes – systematics, ontogenesis, biology and evolution / E. S. Teryokhin. – Aufstiege-Verlag, Germany. – 1997. – 243 p.
2. Определитель высших растений Крыма / [Под общей ред. Н. И. Рубцова]. – Л.: Наука. – 1972. – 550 с.
3. Ена, В. Г. Заповедные ландшафты Тавриды / В. Г. Ена, Ал. В. Ена, Ан. В. Ена. – Симферополь : Бизнес-Информ. – 2004. – 424 с.
4. Шенников, А. П. Введение в геоботанику: Учебник / А. П. Шенников. – СПб (Ленинград) : Изд-во Ленинградского ун-та. – 1964. – 200 с.
5. Бейдеман, И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск : Наука. – 1974. – 155 с.
6. Барыкина, Р. П., Справочник по ботанической микротехнике. / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятых и др. [и др.] Основы и методы. – М. : изд-во МГУ. – 2004. – 312 с.
7. Вайнагий, И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений / И. В. Вайнагий // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826–831.
8. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М. : Стандартинформ. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к сайту: <https://agarnyisector.ru/rastenevodstvo/opredelenie-vskhozhesti-semyan.html>
9. The Plant list [электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 07.04.2022).
10. Ена, А. В. Природная флора Крымского полуострова / А. В. Ена. – Симферополь : Н. Орианда. 2012. – 232 с.
11. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. д. б. н., проф. А. В. Ена и к. б. н. А. В. Фатерыга. – Симферополь : ООО «ИТ «АРИАЛ». – 2015. – 480 с.

ECOLOGICAL-MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL ADAPTATIONS OF HEMOPARASITES *ODONTITES LUTEUS* (L.) CLAIRE. AND *ODONTITES VULGARIS* MOENCH (OROBANCHACEAE) IN THE CONDITIONS IN THE PIEDMONT CRIMEA

Prosiannikova I. B., Serova D. V.

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

As a result of studies conducted during the growing seasons of 2019 and 2021 on the steppe slopes in the southern vicinity of the village of Levadki and the village of Chistenkoe (Republic of Crimea, Simferopol district), a summary of the flora of the trial area was compiled: 152 species of higher plants belonging to 123 genera, 35 families and 29 orders of the department were identified and identified (Magnoliophyta), which is 5.9 % of the 2536 species of flora of the Crimea. The leading families are Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae and Brassicaceae, which is 61 %, and the contribution of the remaining 28 families is 39 % of the total number of families in the studied sample area. 7 plant species listed in the Red Book of Crimea were found, which increases the zoological significance of the studied area. The number of

Odontites luteus was estimated at the accounting sites: the average number of individuals on the test area during the growing season was in 2019 12 pcs/m², and in 2021 – 38 pcs/m², which is 3.2 times higher than in 2019, which indicates the prevailing favorable conditions for the development of hemiparasitis.

Comparison of the phenological spectra of *O. luteus* and *Odontites vulgaris* showed that *O. vulgaris* belongs to a later flowering species in comparison with the species *O. luteus*. The indicators of *O. luteus* phenospectres in 2019 and in 2021 did not have significant differences. A list of host plants of the root hemiparasite *O. luteus* - *Artemisia taurica* Willd.), *A. absinthium* L., *Satureja taurica* Velen., *Reseda lutea* L., *Xeranthemum annuum* L., *Plantago lanceolata* L., species of the genus *Euphorbia* L., but the most common feeding plants were: *Teucrium chamaedrys* L., *T. polium* L., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin. The indicators of seed productivity and the efficiency of fruit formation of a hemiparasite are investigated. It is revealed that *O. luteus*, being an annual, forms a significant number of flowers and fruits within one individual (the average number of seeds was 1930 pcs.). The germination energy of *O. luteus* seeds was 60 %, and the germination rate was 72.3 %.

The article presents the results of studying the anatomical structure of vegetative organs *O. luteus* and *O. vulgaris* was carried out. It was revealed that the root of both species at the end of the growing season is covered with a periderm, which performs a protective function in arid soil conditions. In the anatomical structure of the roots of *O. luteus* and *O. vulgaris*, the following similar anatomical and topographic zones could be distinguished: integumentary tissue, secondary bark, cambium and secondary xylem with well-developed libriform fibers. In the center of the root of the teeth is a diarchic radial conductive beam. With the age of the root, the number of lignified elements in its central part increased. At the end of the growing season, the root is covered with a periderm, which performs a protective function in arid soil conditions. In the stem, under the epidermis, there is a primary cortex formed by large thin-walled cells arranged in an orderly manner in the form of three or four layers of cells. The primary cortex ends with large cells of the starch-bearing vagina (endoderm), the cells of which are clearly expressed and formed by large, tightly adjacent cells. We believe that the presence of such a distinct layer in the parenchyma of the primary bark of *O. luteus* and *O. vulgaris* is associated with a hemiparasitic lifestyle and the deposition of spare nutrients in the starch-bearing vagina. Behind the endoderm there is a phloem layer with a typical structure and a cambium layer. It was revealed that the anatomical structure of the stem in both species has a similar and typical type of structure for annual dicotyledonous herbaceous plants with developed signs of xeromorphism. The leaf of both species, with a lack of moisture, is able to fold and anatomically corresponds to the isolateral type. The presence in the parenchyma of the primary bark of the stem of *O. luteus* and *O. vulgaris* of a clearly distinguished layer of the starch-bearing vagina (endoderm) and the deposition of spare nutrients in it is probably associated with the semi-parasitic lifestyle of the plant. Based on the anatomical structure of the vegetative organs, *O. luteus* and *O. vulgaris* can be attributed to the ecological group of xeromesophytes.

Keywords: flower hemiparasites *Odontites luteus* and *Odontites vulgaris*, phenospectrs, abundance, seed productivity, seed germination energy and germination, anatomical structure, Piedmont Crimea.

References

1. Teryokhin E. S. Weed broomrapes – systematics, ontogenesis, biology and evolution (Aufstieg-Verlag, Germany, 1997).
2. The determinant of higher plants of the Crimea, *Under the general editorship of N. I. Rubtsov* (Nauka Leningrad, 1972).
3. Ena V. G., Ena Al. V., Ena An. V. Protected landscapes of Taurida (Business-Inform, Simferopol, 2004).
4. Shennikov A. P. *Introduction to geobotany: Textbook, 200 p.* (Publishing House of the Leningrad University, St. Petersburg (Leningrad), 1964).
5. Beideman I. N. Methodology for studying the phenology of plants and plant communities (Nauka, Novosibirsk, 1974).
6. Barykina R. P., Veselova T. D., Devyatov A. G., et al. Handbook of botanical microtechnics. Fundamentals and methods (Publishing house of Moscow State University, Moscow, 2004).
7. Vainagiy I. V. On the methodology of studying the seed productivity of plants, *Botan. journal*, **59**, 6 (1974).
8. GOST 12038-84. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination (Standartinform, Moscow, 2011) [electronic resource]. – Access mode: <https://agrarnyisector.ru/rastenevodstvo/opredelenie-vskhozhesti-semyan.html>
9. The Plant list [electronic resource]. 2013. Access mode: <http://www.theplantlist.org/> (reference date: 07.04.2022).
10. Ena A. V. Natural flora of the Crimean Peninsula (N. Orianda, Simferopol, 2012).
11. The Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi, *Ed. by Doctor of Biological Sciences, prof. A. V. Ena and Candidate of Biological Sciences A. V. Fateryga* (LLC "IT "ARIAL", Simferopol, 2015).

УДК 631.847.22:332.66

РОЛЬ БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Сухова Н. В.¹, Ефремова С. Ю.¹, Визирская М. М.², Зупарова В. В.¹

¹Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Российская Федерация

²ООО ЕвроХим Трейдинг Рус, Москва, Российская Федерация

E-mail: s_sharkova@mail.ru

Вследствие длительного использования почвы как ресурса, нарушается естественный баланс микроорганизмов, необходимый для нормальной жизнедеятельности растения. В почве формируется и отрицательный баланс элементов питания, что приводит к снижению плодородия почв, сдерживается рост и развитие растений, количество и качество продукции. Целью работы явилось изучение эффективности использования модифицированного минерального удобрения бактериями *Bacillus subtilis* Ч-13 в оптимизации условий питания растений (на примере озимой пшеницы). Применение биоминеральных удобрений стимулирует всхожесть семян, корнеобразование и позволяют регулировать микробиоценоз корневой системы, увеличивая потенциальную продуктивность. Представлены результаты по влиянию Карбамид БИО на динамику накопления азота, фосфора и калия в почве и растениями пшеницы. Действие биоминерального удобрения показало высокий эффект и может рассматриваться, как прием комплексной биологизации технологии возделывания сельскохозяйственных культур в земледелии Российской Федерации.

Ключевые слова: оптимизация; условия роста развития; озимая пшеница; ризосферные бактерии; биопрепарат; карбамид; азот; фосфор; калий.

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря современным научно-техническим изысканиям возможно управление продукционным процессом с оптимальным использованием агрохимических и биологических средств и с этих позиций оптимизация плодородия, является экологической функцией почв [1–3]. «Основной вектор развития агротехнологий – сокращение пестицидов и расширение биологических методов (устойчивые сорта, биопрепараты, энтомофаги и др.). Таким образом, это довольно сложный комплекс мер по управлению плодородием почв, продуктивностью агроценозов и поддержанию устойчивости агроландшафтов» [1, с. 1132] и в значительной степени зависит от оптимизации минерального питания растений [1, 2, 4].

В настоящее время, вследствие недостаточного использования минеральных удобрений, нарушения баланса аборигенных микроорганизмов, приводящего к снижению численности и видов, необходимых для жизнедеятельности, в почве формируется дефицит элементов питания, что и снижает плодородие почвы [3–6].

Одним из решений проблемы может стать применение биоминеральных удобрений, выпускаемых с использованием *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13 (3). Кроме того, актуальность их применения в агроценозах стимулирует всхожесть семян,

корнеобразование и позволяют направленно регулировать микробиоценоз корневой системы, увеличивая потенциальную продуктивность.

Однако характер действия микроорганизмов определяется штаммом и видом используемого биопрепарата, а также биологическими особенностями культур [7].

Имеются сведения, что в результате применения биомодифицированной аммиачной селитры в 1,2–1,5 раза повышался коэффициент использования растениями азота из удобрения, и накопление фосфора и калия в урожае яровой пшеницы [8].

После внесения биомодифицированных удобрений, при наступлении благоприятных условий, происходит активация и прорастание нанесенных бактериальных спор и микроорганизмы используют питание из почвы и гранул до начала вегетации [9].

Предполагается, что штамм *Bacillus subtilis* Ч-13, нанесенный на гранулы минеральных удобрений, будет способствовать повышению эффективности усвоения элементов питания из удобрений и почвы, регулировать ростовые процессы [10].

Цель работы заключалась в оценке эффективности использования биомодифицированного азотного удобрения (Карбамид Био) в оптимизации условий питания растений (на примере озимой пшеницы).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

БисолбиФит – микробиологическое удобрение с действующим веществом спор *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13 + метаболиты (по ISO), нанесенные на тонкоизмельченный органический кремний, с концентрацией (титр) – не менее 10 млн. КОЕ/мл. Назначение: модификация гранул Карбамида, с целью повышения усвоения элементов питания. Он хорошо фиксируется на поверхностях гранул карбамида и не осыпается при транспортировке, также может использоваться для нанесения на гранулы любых минеральных удобрений [11]. *Механизм действия*: широкий спектр продуцируемых метаболитов оказывает многостороннее воздействие.

Высокое содержание доступного кремния, дополнительно улучшает обмен азота и фосфора в тканях растений, формируя устойчивость к биотическим стрессам, активизирует естественную почвенную микрофлору [12].

Оценку эффективности испытуемого биомодифицированного карбамида проводили на посеве озимой пшеницы среднераннего сорта *Адель*. Полевой опыт проведен на экспериментальном полигоне КубГАУ (2016-2017г.) под руководством академика Шеуджена А. Х.

Почва – лугово-черноземная слабогумусная тяжелосуглинистая (Таблица 1).

Погодные условия вегетационного периода в первой половине – были ниже средних многолетних значений, осадков выпало в 2 раза меньше, чем обычно. В среднем за период вегетации озимой пшеницы осадков выпало на 35,1 мм больше, чем в среднем за много лет – 592 мм и 557 мм соответственно (по данным метеостанции Славянск-на Кубани, 2016–2017г.).

Схема опыта состояла из трех вариантов: 1) Контроль; 2) Карбамид традиционный; 3) Карбамид БИО. Повторность четырех кратная, размещение вариантов рендомизированное.

Таблица 1
Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

рНН ₂ O	НГ	S	Содержание						
			N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	гумус	V	глинистой фракции (<0,01 мм)
	мг-экв/100 г	мг/кг почвы				%			
6,5	2,04	35,7	15,0	12,7	68,0	198,1	2,8	94,6	67

Отбор почвенных образцов, для определения содержания питательных элементов в почве проводили по фазам вегетации.

Аналитические исследования выполнялись по требованиям ГОСТ 29269–91 (проведение анализов): минеральный азот ($N-NO_3 + N-NH_4$); аммонийный азот – ГОСТ 26489–85 (колориметрическим методом, реактивом Несслера), нитратный азот – ГОСТ 26951–86 (по методу Грандваль–Ляжу); подвижный фосфор и обменный калий – ГОСТ 26205–91 (по методу В. Ф. Мачигина в модификации ЦИНАО).

Статистическая оценка результатов – методом дисперсионного анализа [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Главным условием биологизации агроландшафтов всегда являются условия питания растений, для чего необходимо повышать плодородие почвы. При возделывании культур важно знать не только содержание основных элементов питания в почвах, но и в каких соединениях они присутствуют, содержатся ли в доступной для растения форме [14], поскольку к агрохимическим свойствам почв относятся не только показатели как кислотность, поглонительная способность, но и химический состав, и запасы питательных веществ.

В нашем эксперименте исследовалась динамика основных макроэлементов почвы под влиянием изучаемых удобрений по фазам вегетации.

После проведения азотной подкормки растений озимой пшеницы (фаза кущения), содержание $N-NO_3$ (нитратного) и аммонийного азота ($N-NH_4$) в почве по сравнению с контролем увеличивалось на 42,0–53,6 % и 41,6–46,1 % соответственно. В целом использование биомодифицированного карбамида обеспечило наибольшее содержание минерального азота в почве (Рис. 1).

Содержание минерального азота почвы в вариантах с подкормкой карбамидом и контролем уменьшаются к фазе выхода в трубку, особенно заметно по нитратной форме, вероятнее всего, из-за большего потребления растениями. Аммонийной формы содержалось в почве больше при подкормке Карбамидом БИО – на 48,7 % больше, чем в контроле и обычном Карбамиде. По завершению вегетации озимой пшеницы в почве в вариантах с подкормками содержание минерального азота было больше, чем в контроле: нитратного на 14,6–22,3 %, аммонийного – 13,8–21,7 %, наибольшее количество отмечено в варианте с применением модифицированной формы карбамида.

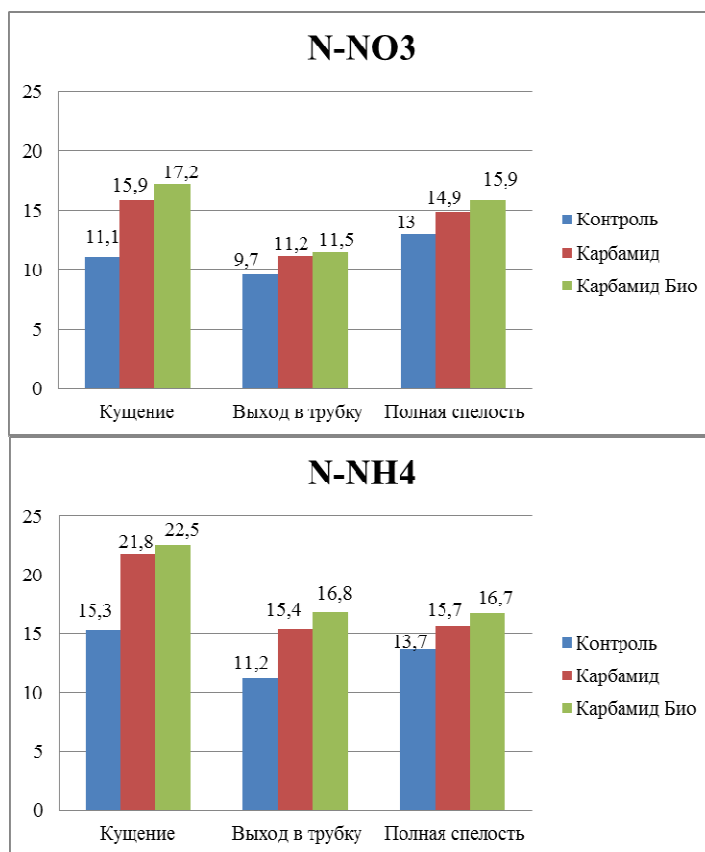


Рис. 1. Содержание минерального азота в почве, мг/кг.

Анализ динамики содержания подвижного фосфора в почве не показал существенных различий между вариантами с подкормками и контролем (Рис. 2).

Однако отмечена тенденция снижения подвижного фосфора в почве при подкормках карбамидом в сравнении с контролем на 16–1,9 % (фаза кущения), на 1,6–1,8 % (выход в трубку), на 2,7–3,5 % (полной спелости зерна). При подкормке модифицированным карбамидом в почве содержалось меньше подвижного фосфора. Отмеченная тенденция свидетельствует, о необходимости сбалансировать соотношение *N:P:K* в минеральном питании. Следует учесть, что на фоне применения биомодифицированного карбамида отмечается большее поглощение фосфора из почвы (на 13–17 %).

Калию уделяется меньшее внимание по сравнению с азотом и фосфором в питания растений (в научных исследованиях, практическом земледелии). Хотя роль существенна, достаточная обеспеченность растений им способствует существенному повышению устойчивости (болезням, полеганию) и важным являются улучшение качества продукции, снижение потерь при хранении. В данных исследованиях существенного отличия по содержанию обменного калия в почве не выявлено, присутствует невыраженное снижение при подкормках (Рис. 3).

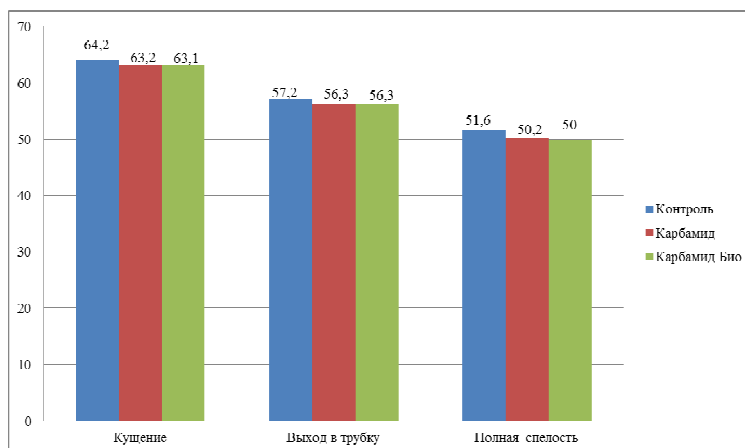


Рис. 2. Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) в почве, мг/кг.

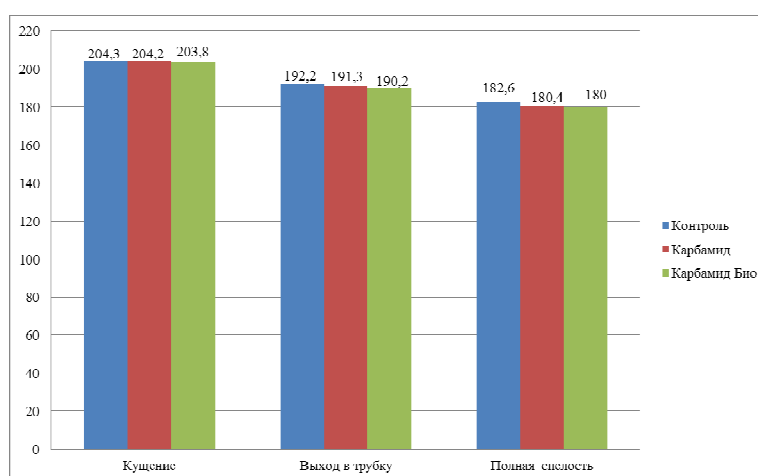


Рис. 3. Содержание обменного калия (K_2O) в почве, мг/кг.

Таким образом, определение содержания макроэлементов в почве (N , P , K) под влиянием Карбамид Био, достоверно указывает на положительную роль биопрепаратов в обеспечении питания растений, как в сравнении с контролем, так и с его традиционной формой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате длительного использования почвы, как ресурса, происходит значительное отчуждение питательных элементов с урожаем, нарушается цикл круговорота биогенных элементов. Полученные результаты исследования обосновывают роль биопрепаратов, применяемых совместно с минеральными удобрениями, что также является важным условием экологической оптимизации природопользования.

На посевах растений озимой пшеницы, наиболее эффективной оказалась биомодифицированная форма удобрения. Экспериментально установлена его бóльшая эффективность в регулировании и оптимизации условий роста и развития озимой пшеницы на лугово-черноземной почве, в сравнении с традиционной формой. Действие биоминерального удобрения может рассматриваться как прием комплексной биологизации агротехнологий в Российской Федерации.

Список литературы

1. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия / В. И. Кирюшин // Почвоведение. – 2019. – № 9 – С. 1130–1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
2. Сандухадзе Б. И. Реализация потенциала продуктивности и качества сортов озимой пшеницы на разных уровнях азотного питания / Б. И. Сандухадзе, М. А. Кузьмич, В. В. Бугрова, Р. З. Мамедов, М. С. Крахмалева, Л. С. Кузьмич // Агрехимический вестник. – 2020. – № 5. – С. 23–27. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10063.
3. Сычев В. Г. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений / В. Г. Сычев, С. А. Шафран // Плодородие. – 2019. – №3. – С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.07.
4. Алтухов А. И. Проблемы повышения качества пшеницы в стране требует комплексного решения / А. И. Алтухов, А. А. Завалин, Н. З. Милащенко, С. В. Трушкин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 32–39.
5. Никитин С. Н. Оценка эффективности применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья / С. Н. Никитин. – Ульяновск: УлГТУ, 2017 – 316 с. DOI: 10.7868/S0002188118030134
6. Пунченко С. С. Баланс азота и эффективность азотных удобрений на дерново-подзолистых почвах разной степени эродированности в зависимости от уровня фосфорного и калийного питания / С. С. Пунченко // дис. канд. наук. – 2016. Электронный ресурс: <http://der.nlb.by/jsrui/handle/nlb/51624> (дата обращения: 28.04.2022).
7. Шабаев В. П. Роль биологического азота в системе «почва...растение» при внесении ризосферных микроорганизмов: дис. докт. биол. наук: 06.01.04. / В. П. Шабаев. – Пушкино, 2004. – 277 с.
8. Тихонович И. А. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И. А. Тихонович, А. А. Завалин, Г. Г. Благовещенская, А. П. Кожемяков // Плодородие. – 2011. – № 3(60). – С. 9–13.
9. Чеботарь В. К. Применение биомодифицированных минеральных удобрений / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, А. Г. Ариткин. – Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2014. – 142 с.
10. Гаврилова А. Ю. Влияние сложных минеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит на урожайность и качество зерна ярового ячменя / А. Ю. Гаврилова, Л. С. Чернова, А. А. Завалин // Плодородие. – 2019. – № 4 (109). – С. 3–5. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.01
11. Чеботарь В. К. Патент № 2512277 С1 Российская Федерация, МПК C05F 11/08. / В. К. Чеботарь, С. В. Ерофеев // Способ получения биоминеральных удобрений и мелиорантов (варианты): № 2012143318/13: заявл. 10.10.2012; опубл. 10.04.2014
12. Безручко Е. В. Кремний – недооцененный элемент питания растений / Е. В. Безручко // Земледелие. – 2020. – №4. – С. 40.
13. Шеуджен А. Х. Агрехимия, Ч.2, Методика агрохимических исследований / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 703 с.
14. Степанова Л. П. Организация производства сельскохозяйственной продукции на эколого-ландшафтной основе в условиях Центральной России: учебное пособие / Л. П. Степанова, Н. К. Кружков, Е. В. Яковлева, Е. А. Коренькова. – Орел: ОрелГАУ, 2013. – 304 с.

THE ROLE OF BIOMODIFIED NITROGEN FERTILIZER IN OPTIMIZING PLANT NUTRITION CONDITIONS

Sukhova N. V.¹, Efremova S. Yu.¹, Vizirskaya M. M.², Zuparova V. V.¹

¹*Penza State Technological University, Penza, Russian Federation*

²*LLC EuroChem Trading Rus, Moscow, Russian Federation*

E-mail: s_sharkova@mail.ru

As a result of long-term use of soil as a resource, the natural balance of microorganisms necessary for normal plant life is disrupted, and a negative balance of nutrients is formed in the soil. That leads to a decrease in soil fertility, inhibits the growth of plant development, quantity and quality of products.

Management of soil fertility, maintaining their stability largely depends on the optimization of conditions for growth and development of plants.

Violation of the balance of native microorganisms leading to a decrease in the number, a deficit of nutrients is formed in the soil, which reduces soil fertility. The solution of the problem could be the use of biomineral fertilizers, produced with *Bacillus subtilis*, strain *Ch-13*, which stimulates seed germination, root formation and allows you to regulate the root system microbiocenosis, increasing the potential productivity. However, the nature of microbial action is determined by the strain and type of the biopreparation used, as well as by the biological characteristics of crops.

The aim of the work was to study the effectiveness of the use of modified mineral fertilizer bacteria *Bacillus subtilis Ch-13* in the optimization of plant nutrition.

The relevance of the use of biomodified fertilizers in the agrocenosis with winter wheat is due to the expanding use of organic agriculture technologies in Russia, and as a method of complex biologization.

The main condition is always the conditions of plant nutrition, for which it is necessary to increase soil fertility. It is important to know not only the content of basic nutrients in soils, but also in what compounds they are present, whether they are contained in a form accessible to plants.

In our experiment the dynamics of the main soil macronutrients under the influence of the studied fertilizers by phases of vegetation was studied. It is assumed that the microbial fertilizer applied to the finely ground organic silicon is fixed on the surfaces of mineral fertilizer granules. The high content of available silicon, further improves nitrogen and phosphorus metabolism in plant tissues, forming resistance to biotic stresses, activates the natural soil microflora. All this will increase the efficiency of assimilation of nutrients from fertilizers and soil, regulate growth processes.

The results of the effectiveness of the biomodified fertilizer in the technology of cultivation of winter wheat plants on meadow-chernozem light humus heavy loamy soil are presented.

The influence of Urea BIO on the dynamics of accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil has been established, which reliably points to the positive role of the biopreparation in providing plant nutrition both in comparison with the control and with its traditional form.

The action of biomodified fertilizer showed a high effect and can be considered as a method of complex biotechnology agro-technology.

Keywords: optimization; conditions of growth development; winter wheat; rhizospheric bacteria; biological product; urea; nitrogen; phosphorus; potassium.

References

1. Kiryushin V. I., The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems, *Eurasian Soil Science*, **9**, 1137 (2019).
2. Sandukhadze B. I., Kuz'mich M. A., Bugrova V. V., Mamedov R. Z., Krakhmaleva M. S., Kuz'mich L. S. Realization of productivity potential and quality of winter wheat varieties at different levels of nitrogen nutrition, *Agrochemical Herald*, **5**, 23 (2020).
3. Sychev V. G., Shafran S. A. Forecast of the fertility of soils of the nonchernozem belt depending on the level of using fertilizers, *Plodorodie*, **2(107)**, 22 (2019).
4. Altukhov A. I., Zavalin A. A., Milashchenko N. Z., Trushkin S. V., The problem of improving the quality of wheat in the country requires a comprehensive solution, *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, **2**, 32 (2020).
5. Nikitin S. N. *Evaluation of the effectiveness of fertilizers, biological preparations and diatomite in the forest-steppe of the average Volga region*, 316 p. (UIGTU, Ul'yanovsk, 2017).
6. Punchenko S. S. *Nitrogen balance and efficiency of nitrogen fertilizers on soddy-podzolic soils of different degrees of erosion depending on the level of phosphorus and potassium nutrition*. (2016). Electronic resource: <http://dep.nlb.by/jspui/handle/nlb/51624> (date of access: 04/28/2022).
7. Shabayev V. P. *The role of biological nitrogen in the "soil...plant" system when introducing rhizospheric microorganisms*, 277 p. (Pushchino, 2004).
8. Tikhonovich I. A., Zavalin A. A., Blagoveshchenskaya G. G., Kozhemyakov A. P. The use of biopreparation – an additional source of power plants, *Plodorodie*, **3(60)**, 9 (2011).
9. Chebotar' V. K., Zavalin A. A., Aritkin A. G. *Application of biomodified mineral fertilizers*, 142 p. (UIGTU, Ul'yanovsk, 2011).
10. Gavrilova A. Yu. Chernova L. S., Zavalin A. A. Influence of complex mineral fertilizers and biological product Bisolbifit on the yield and quality of spring barley grain, *Plodorodie*, **4(109)**, 3 (2019).
11. Chebotar V. K., Yerofeyev S. V. Method for obtaining biomineral fertilizers and ameliorants (options) Patent № 2512277 (2012).
12. Bezruchko E. V. Silicon is an underestimated plant nutrient, *Zemledelie*, **4**, 40 (2020).
13. Sheudzhen A. Kh., Bondareva T. N. *Agrokhimiya*, Part 2, Metodika agrokhimicheskikh issledovaniy, 703 p. (KubGAU, Krasnodar, 2015).
14. Stepanova L. P., Kruzhkov N. K., Yakovleva Ye. V., Koren'kova Ye. A. *Organization of production of agricultural products on an ecological-landscape basis in the conditions of Central Russia*, 304 p. (OrelGAU, Orel, 2013).

УДК 577.11:612.015.32+612.118.221.2

АНАЛИЗ УРОВНЯ ГЛИКЕМИИ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТИТРОВ АНТИТЕЛ К ЯДЕРНОМУ АНТИГЕНУ ВИРУСА ЭПШТЕЙН-БАРР И IGE-ПОЛИКЛОНАЛЬНЫМ ОТВЕТОМ

Телесманич Н. Р., Коновальчик М. А., Микашинович З. И.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: mariya_konovalchik@mail.ru*

Исследование посвящено оценке зависимости возникновения диабета от уровня продукции антител IgG к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр (IgG ВЭБ НА) и поликлонального IgE ответа. Анализ позволил конкретизировать отдельные критерии формирования иммунных процессов, касающихся взаимодействия антител разных классов при нарушении метаболизма глюкозы и инсулина. Показано, что из 30 обследованных с диагнозом СД2 21 человек (70 %) имели высокие ИФА титры IgG ВЭБ НА ($x_{cp} - 3,134$ единиц опт. пл.), при этом наблюдалось понижение общего IgE в 2 раза, что свидетельствует о формировании воспалительного процесса. Если при СД2 отмечался низкий уровень IgG ВЭБ НА ($x_{cp} - 0,435$) – иммуносупрессия, то наблюдалась активная аллергизация (x_{cp} общ IgE – 204 кМЕ/л) и формирование противовоспалительной реакции, то есть при СД2 отношение IgG ВЭБ НА и IgE являются антагонистическими. При нормальном уровне глюкозы (отсутствие диабета), повышение уровня IgG ВЭБ НА от 0,515 до 3,500 ед. опт. пл. влечет и плавное повышение IgE (от $x_{cp} - 23$ кМЕ/л до 124 кМЕ/л).

Ключевые слова: IgE, специфический IgE, общий IgE, нарушение углеводного обмена, сахарный диабет, ВЭБ, вирус Эпштейн - Барр, титр антител.

ВВЕДЕНИЕ

Нарушение толерантности к глюкозе характеризуется разнообразием этиологических факторов, участвующих в сложных механизмах развития сахарного диабета. Энтеровирусы рассматриваются в качестве триггеров, индуцирующих нарушение углеводного обмена. Показано, что из определенных линий животных, генетически предрасположенных к диабету, инокуляция энтеровирусов приводила к гипергликемии уже в острой фазе заболевания, развивался инсулит [1], на фоне которого в течение первых 5 дней отмечалось снижение уровня глюкозы в крови, вследствие высвобождения инсулина из поврежденных клеток. В островках Лангерганса при этом определялась лимфоидная инфильтрация [2].

Энтеровирусы (Коксаки А, типа 1, 2, 4 – 11, 16 – 18, 22 – 24, коксаки В типов 1 – 6) являются этиологическими агентами первичных энцефалитов, которые могут вызывать также и представители герпесвирусов (ВПГ – 1,2 типов, ЦМВ, вирус Эпштейн-Барр) [3]. Клинические проявления этих вирусов отличаются значительным разнообразием. Формы с кратковременным или длительным

пребыванием вируса в организме нередко связаны между собой – одна форма переходит в другую, в зависимости от локализации патологического процесса, состояния иммунной системы и антигенного типа вируса [4].

Критерии характеристики формирования аутоиммунных процессов, в том числе и при диабете, связанные с изменением биохимических показателей до сих пор не определены.

Один из механизмов развития аутоиммунных патологий известен как поликлональная активация лимфоцитов лимфотропными вирусами. В этих случаях инфицирование В-клеток вызывает их пролиферацию, усиление продукции антител и генерацию циркулирующих иммунных комплексов, что приводит к повреждению собственных тканей [5]. Вирусы могут быть вовлечены в патогенез СД1, по крайней мере, двумя путями: индуцируя аутоиммунитет против клеток или оказывая прямое повреждающее действие на клетки [6].

Усиление поликлонального IgE ответа считают маркером экспансии Th2-пути дифференциации Th0-лимфоцитов [7]. Переключающими на синтез IgE цитокинами, влияющими на уровень общего IgE и на развитии Th2 – клеток, являются И – 4; И – 13 [8]. Известно, что в регуляции синтеза IgE участвуют гормоны. Кортизол, инсулиноподобный фактор роста I, действует как сигнал для переключения В-лимфоцитов на синтез IgE [9, 10]. По данным зарубежных исследователей [11], существует обратная связь между IgE – опосредованной аллергизацией и СД1. Ряд авторов утверждают, что СД1 характеризуется иммунологической реакцией, в которой доминируют Th1 - клетки, в то время как IgE – опосредованная аллергия связана с Th2 – противовоспалительными цитокинами. Известно, что Th1 – эффекторы CD4⁺ играют существенную роль в противовирусном иммунитете. В соответствии с Th1/Th2 – гипотезой иммунная система развивается либо через Th1 - клетки, либо через Th2 – клетки. Это будет означать, что развитие IgE – опосредованной аллергии будет понижать риск развития СД1 [12].

Инфицирование В - лимфоцитов вирусом Эпштейн-Барр (ВЭБ) осуществляется через взаимодействие вирусного оболочечного гликопротеина gp350 (gp340)/220 с комплементарным рецептором II типа CD21 для Cd3 – компонента CR2 [13]. Рецептором для IgE на тучных клетках является CD23.

Выявлена тесная взаимосвязь двух рецепторов, экспрессированных на мембране макрофагов CD21 (рецептор для ВЭБ) и CD23 (рецептор для IgE).

Диагностической значимостью обладают антитела IgG к раннему EA капсидному антигену (IgG EA), к ядерному антигену (IgG ВЭБ NA) и IgM к капсидным антигенам (VCA) вируса. Ранние EA антигены ВЭБ экспрессируются на первых стадиях вирусной репликации в клетках до начала синтеза вирусной ДНК. При формировании зрелого вириона, ядерный антиген IgG ВЭБ NA участвует в образовании нуклеопротеинового комплекса, включающего двуспиральную вирусную ДНК, а капсидный антиген VCA формирует оболочку капсида ВЭБ [14].

Антитела к ядерному антигену IgG ВЭБ NA, экспрессируются на протяжении латентной фазы. После инфицирования типичные IgG ВЭБ NA не обнаруживаются на протяжении недель или месяцев после инфекции, что позволяет проводить

дифференциацию между первичной инфекцией, персистенцией и реактивацией вируса.

Для ядерного антигена вируса Эпштейн-Барр IgG ВЭБ НА определены следующие диагностические закономерности:

1. Отсутствие IgG ВЭБ НА вследствие иммуносупрессии – выраженное иммунодефицитное состояние;
2. Во время болезни, в острой фазе (инфекционный мононуклеоз), IgG ВЭБ НА обычно тоже не обнаруживаются.
3. Очень раннее появление IgG ВЭБ НА в фазу острой первичной инфекции или при реактивации ВЭБ отмечается также отсутствием или низким уровнем капсидного антигена IgM (VCA);
4. Низкие титры IgG ВЭБ НА при реконвалесценции (выздоровлении);
5. Высокие титры IgG ВЭБ НА – выявляются при хронической ВЭБ инфекции, персистенции и реактивации ВЭБ [15, 16].

При ВЭБ инфекции у детей отмечено два типа иммунитета – повышение его активности иммунитета или иммунная дисфункция и недостаточность. [17].

Взаимосвязь биохимических маркеров нарушения толерантности к глюкозе и метаболическая взаимосвязь циркулирующих специфических антител к вирусу Эпштейн-Барр и неспецифических иммуноглобулинов IgE (реагинов), ранее не изучались.

Задача работы: оценить характер изменения взаимосвязи между уровнем гликемии при нарушении углеводного обмена, титра IgG ВЭБ НА, во взаимосвязи с IgE поликлональным ответом (общ. IgE).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Всего было обследовано 93 ($n = 93$) человек. Уровень глюкозы, гликозилированного гемоглобина (HbA1c), количество антител к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр (IgG ВЭБ НА), уровень IgE общего определяли у $n = 64$ человек. Результаты исследований 29 человек ($n = 29$) были использованы в качестве контроля уровня IgE общего на фоне нормальных показателей глюкозы и гликозилированного гемоглобина.

Весь контингент был разделен на 5 групп: 1 группа - молодые, здоровые люди (18–24 года), имеющие уровень глюкозы и HbA1c в норме – до 6,1 ммоль/л и до 6,4 % соответственно HbA1c ($n = 18$); 2 группа – люди старше 46 лет, имеющие уровень глюкозы более 8,0 ммоль/л с сахарным диабетом 2 типа ($n = 30$); третья группа – молодые люди 19–22 года с сахарным диабетом 1 типа ($n = 8$); 4 группа возрастных людей, имеющих пограничный уровень глюкозы 6,4–7,6 ммоль/л, свидетельствующий о нарушении толерантности к глюкозе ($n = 9$); 5 группу составили здоровые люди разного возраста, имеющие нормальные показатели глюкозы и HbA1c, которые были взяты в качестве контрольной группы определения уровня только общего IgE ($n = 29$).

Уровень глюкозы в сыворотке крови определяли энзиматическим колориметрическим методом без депротеинизации, использовали набор реагентов

(производитель ООО "Ольвекс Диагностикум", г. Санкт-Петербург). Показатели нормы в соответствии с инструкцией по применению – 4,2–6,1 ммоль/л.

Процентное содержание гликогемоглобина (HbA1c) в крови определяли с помощью набора "Гликогемотест" (г. Москва), который применяют для диагностики латентной (скрытой) формы сахарного диабета. Показатели нормы в соответствии с инструкцией по применению – 4,0–6,2 %.

Верификация, диагноз заболевания и степень компенсации углеводного обмена осуществлялась квалифицированными специалистами г. Ростова-на-Дону согласно рекомендациям ВОЗ (1999) и «Национальным стандартам оказания медицинской помощи больным сахарным диабетом».

Количество иммуноглобулинов класса G к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр (IgG ВЭБ NA) в сыворотке крови определяли методом твердофазного ИФА "ВектоВЭБ - NA - IgG" (ЗАО "Вектор - Бест" г. Новосибирск). Учет титра антител проводили по оптической плотности. Показатели нормы IgG ВЭБ NA в соответствии с инструкцией по применению: отрицательный результат <0,28 единиц оптической плотности (ед. опт. плотн.); сомнительный результат 0,28–0,35 ед. опт. плотн., положительный результат > 0,35 ед. опт. плотн.

Общий IgE в сыворотке крови определяли методом "сэндвич-вариант" одностадийного твердофазного ИФА "ДС - ИФА - IgE общий" (НПО "Диагностические системы" г. Нижний Новгород). Показатели нормы в соответствии с инструкцией по применению: 25–100 кМЕ/л.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате изучения количества антител к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр (IgG ВЭБ NA) у людей с разным уровнем глюкозы и гликозилированного гемоглобина (HbA1c) (n = 67) мы констатировали, что каждую из 4 групп можно разделить на 3 подгруппы: 1 подгруппа составила контингент с количеством антител к IgG ВЭБ NA от 0 до 1 единиц оптической плотности – «нулевое» количество антител; 2 подгруппа – контингент с количеством антител к IgG ВЭБ NA от 1 до 2 ед. опт. плотн.; 3 подгруппа – контингент с титром антител к IgG ВЭБ NA от 2 до 3,5 ед. опт. плотн.

В I группе молодых людей с глюкозой в норме (n = 18), 1 подгруппа, имеющая «нулевое» количество антител к IgG ВЭБ NA (0,265–0,804 ед. опт. плотн., $x_{cp} = 0,515$), составила 4 человека (n = 4). Привлекло внимание, что уровень глюкозы в этой группе у всех был несколько понижен (3,7–4,3 ммоль/л; $x_{cp} = 4,1$) (Таблица 1). Вторая подгруппа имела средний показатель ядерного антигена ($X_{cp} = 1,074$ ед. опт. плотн.) (n = 5) при X_{cp} глюкозы 5,4 ммоль/л, а третья подгруппа n = 9 средний показатель ядерного антигена 2,953 ед. опт. плотн. при глюкозе 5,2 ммоль/л (Таблица 1).

По отношению к общему IgE в контрольной группе №1 (n = 18) наблюдалась следующая закономерность. У подгруппы 1, имеющей «нулевой» средний титр антител к ядерному антигену IgG ВЭБ NA $x_{cp} = 0,515$ ед. опт. плотн. (n = 4), наблюдался так же и очень низкий уровень общего IgE – $x_{cp} = 22,9$ кМЕ/л (Таблица 1). Напомним, что у этих молодых людей средний уровень глюкозы был

понижен, составляя x_{cp} глю – 4,1 ммоль/л. Таким образом, в группе молодых здоровых людей при низком уровне глюкозы (x_{cp} глю – 4,1 ммоль/л), наблюдался низкий титр ядерного антигена IgG ВЭБ НА «0» и очень низкий уровень общего IgE – 22,9 кМЕ/л (Таблица 1).

Таблица 1
Контрольная группа №1. Значения общего IgE и IgG ВЭБ НА у молодых людей при нормальном уровне глюкозы и гликозилированного гемоглобина (HbA1c)

Подгруппы	Распределение пациентов по количеству антител к ядерному антигену ВЭБ (ЕВНА) с СД 1 типа (n = 18)	Возраст	Количество антител к ядерному антигену ВЭБ [$<0,28$ отр, $0,28 - 0,35$ сомн, $>0,35$ пол]	Глюкоза [4,2-6,1 ммоль/л]		Общий IgE [25-100 кМЕ/л]
				HbA1c (%)		
1п/г	n = 4	21	0,515	4,1	4,5	22,9
2п/г	n = 5	22	1,074	5,4	5,0	140,2
3п/г	n = 9	19	2,953	5,2	4,8	112,1

Для анализа показателей контроля общего IgE, мы получили результаты у людей разного возраста с нормальными показателями глюкозы и гликозилированного гемоглобина (HbA1c) – контрольная группа №5 (n = 29) (Таблица 2) [18, 19]. Из таблицы видно, что средний уровень общего IgE у здоровых людей разного возраста довольно высокий и составляет x_{cp} – 103 кМЕ/л, несмотря на то, что в инструкции по применению, норму рассматривают от 25 до 100 кМЕ/л. Очевидно, что баланс вариаций уровня общего IgE может отражать определенные индивидуальные метаболические особенности, связанные с тем или иным патологическим процессом.

Таблица 2
Контрольная группа №5. Значения общего IgE у людей разного возраста, имеющих нормальный уровень глюкозы и гликозилированного гемоглобина (HbA1c) ($X \pm m$) (n = 29)

Глюкоза [4,2 – 6,1 ммоль/л]	HbA1c [4 – 6,2%]	Общий IgE [25 – 100 кМЕ/л]
4,96 ± 0,23	5,23 ± 0,11	103,2 ± 44,48

Подгруппа №2 группы №1 (молодые здоровые люди) (Таблица 1), имеющие средний титр антител x_{cp} – 1,074 ед. опт. плотн. (n = 5) имели весьма повышенный уровень общего IgE – 140 кМЕ/л. В подгруппе №3 при титре антител IgG ВЭБ НА

x_{cp} 2,953 ед. опт. плотн. – общий IgE составил 112 кМЕ/л. Если определить средний показатель общего IgE в подгруппах, имеющих титр IgG ВЭБ NA > 1 (подгруппы 2+3, группы №1), то общий IgE составил x_{cp} – 126 кМЕ/л.

Таким образом, у здоровых молодых людей в 1 группе примечательным является то, что пониженный уровень глюкозы x_{cp} – 4,1 ммоль/л сочетается с низким количеством («0») антител к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр и минимальным общим IgE (x_{cp} – 22,9 кМЕ/л). Повышение титров IgG ВЭБ NA > 1 влечет закономерное повышение общего IgE (x_{cp} – 126 кМЕ/л).

Группа №3 (Таблица 3) молодых людей с сахарным диабетом 1 типа (n = 8). Отмечено, что она вообще не включала в себя подгруппу с "нулевым" титром антител к ядерному антигену. Среди них наблюдалась подгруппа 2 с титром x_{cp} IgG ВЭБ NA – 1,167 ед. опт. плотн. (n = 4) и уровнем общего IgE – 143 кМЕ/л, что сопоставимо с группой молодых здоровых людей группы 1, по всей видимости, свидетельствующее о приемлемо работающих компенсаторных механизмах, при приеме инсулина. А также подгруппа 3 с x_{cp} ядерного антигена – 3,108 ед. опт. плотн. (n = 4). У этой подгруппы уровень IgE общего был низким – 43 кМЕ/л, сопоставимым со здоровыми молодыми людьми с "нулевым" уровнем антигена, что является косвенным показателем иммуносупрессии. Таким образом, параметры показателей антител к IgG ВЭБ NA и общего IgE имели обратную зависимость у молодых людей с нормальными показателями глюкозы, и у людей с сахарным диабетом 1 типа.

Возникает предположение, что высокий уровень АТ к IgG ВЭБ NA («3») при высоком уровне глюкозы и диабете вызывает иммунодефицитное состояние, аналогичное, как у молодых здоровых людей с «0» уровнем антител при нормальной глюкозе. Если у молодых людей с нормальным уровнем глюкозы наблюдался дефицит общего IgE, при "нулевом" титре ядерного антигена, то у молодых людей с СД 1 типа дефицит общего IgE наблюдался при высоком титре антител к ядерному антигену – x_{cp} – 3,108 ед. опт. плотн.

Таблица 3

Группа №3. Значения общего IgE и уровня антител к ядерному антигену вируса Эпштейн - Барр у людей с сахарным диабетом 1 типа (x_{cp} 11,0 ммоль/л)

Подгруппы	Распределение пациентов по количеству антител к ядерному антигену ВЭБ с СД1 (n = 7)	Возраст	Глюкоза [4,2 – 6,1 [ммоль/л]		Количество антител к ядерному антигену ВЭБ [<0,28 отр, 0,28 - 0,35 сомн, >0,35 пол]	Общий IgE [25–100 кМЕ/л]
			HbA1c (%)			
2п/г	n = 4	21	9,8	12,0	1,167	143
3п/г	n = 4	21	12	17,4	3,108	43

Группа №2 взрослых людей с сахарным диабетом 2 типа (n = 30) (Таблица 4), имеющая средний уровень глюкозы более 8,0 ммоль/л и HbA1c более 6,8 % так же имела полностью обратную зависимость по отношению к "нулевому" титру контрольной группы №1, диабетика с "нулевым" титром антител (n = 5) имели самый высокий уровень общего IgE ($x_{cp} - 204$ кМЕ/л) по сравнению со всем остальным контингентом, что в два раза выше верхней границы нормы; подгруппа 2 с $x_{cp} - 1,2$ ед. опт. пл. (n = 4) имела IgE общий 82 кМЕ/л; а с $x_{cp} - 3,0$ ед. опт. плотн. (n = 21) – 98 кМЕ/л. Необходимо отметить, что количество людей с СД 2 типа, имеющих высокий уровень IgG ВЭБ НА с (титр 3,0 ед. опт. пл.), было наибольшим. Из 30 человек 21 имели титр «3,0» ед. опт. плотн. IgG ВЭБ НА, что составило 70 % (Таблица 4) всего контингента, имеющего диагноз СД2.

Таким образом, мы можем констатировать, что наблюдается обратная зависимость между титром антител IgG ВЭБ НА и уровнем общего IgE при высоком уровне глюкозы (диабете) и у здоровых людей. При диабете низкий титр IgG ВЭБ НА сочетается с высоким титром общего IgE (Рис. 1).

В группе с нормальным уровнем глюкозы, которую составили молодые люди до 30 лет (группа №1), при "нулевом" титре IgG ВЭБ НА наблюдался самый низкий уровень IgE.

Таблица 4

Группа №2. Значения общего IgE и уровня антител к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр у людей с сахарным диабетом 2 типа x_{cp} глю > 8,0 ммоль/л (x_{cp} HbA1c 16-19 %)

Подгруппы	Распределение пациентов по количеству антител к ядерному антигену ВЭБ с СД1 (n = 30)	Возраст	Глюкоза [4,2 – 6,1 ммоль/л]		Количество антител к ядерному антигену ВЭБ [$<0,28$ отр, 0,28 - 0,35 сомн, $>0,35$ пол]	Общий IgE [25 - 100 кМЕ/л]
			HbA1c (%)			
1п/г	n = 5	64	11,8	16,0	0,435	204
2п/г	n = 4	62	13,0	19,0	1,254	82
3п/г	n = 21	51	12,1	13,8	3,134	98

В группе "риска" группа №4 или переходной группе (глю > 6,0 ммоль/л), имеющей тенденцию к нарушению толерантности к глюкозе, но не имеющей диабета (Таблица 5), наблюдалась почти такая же картина как при нормальном уровне глюкозы. Низкий уровень IgE наблюдался при "нулевом" и «единичном» титре антител ($x_{cp} - 58,4$ и $37,6$ кМЕ/л соответственно). Интересно, что при нарушении толерантности, при титре IgG ВЭБ НА «2» ед. опт.плотн. наблюдался низкий IgE ($x_{cp} - 37,6$), в отличие от здоровых людей, у которых при титре «2» уже отмечался всплеск общего IgE ($x_{cp} - 140$). Однако максимальный всплеск общего

IgE наблюдался при титре антител к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр – 3,0 ед. опт. плотн. (x_{cp} – 135,6 кМЕ/л), что несколько отличается от группы контроля (x_{cp} 112 кМЕ/л). Причем титр IgG «3» наблюдается у 7 человек из 9, попавших в эту выборку, то есть 80 %, что подтверждает данные по сахарному диабету, где IgG «3» наблюдался у лиц с высокой глюкозой.

Группа герпес – вирусных инфекций, к которым относятся и энтеровирусы или по другой классификации – вирусы первичных энцефалитов [3], эпидемии которых отмечаются на территории нашей страны, включая инфекционный мононуклеоз (ВЭБ), в последнее время становятся, очевидно, диагностируемыми благодаря ПЦР, ИФА диагностике и симптомокомплексу, тривиально описываемому как «грипп» или ОРВИ. Уже давно известно, что эти инфекции относятся к группе неуправляемых инфекций, при которых неэффективна специфическая профилактика (вакцинация), что, безусловно, влияет на уровень заболеваемости [20, 21].

Таблица 5

Группа №4. Значения общего IgE и уровня антител к ядерному антигену вируса Эпштейн-Барр у людей с уровнем глюкозы 6,4-7,6 ммоль/л (HbA1c 6,2 – 7 %)

Подгруппы	Распределение пациентов по количеству антител к ядерному антигену ВЭБ с СД1 (n = 9)	Возраст	Глюкоза [4,2 – 6,1] ммоль /л		Количество антител к ядерному антигену ВЭБ [<0,28 отр, 0,28 - 0,35 сомн, >0,35 пол]	Общий IgE [0 - 100 кМЕ/л]
			HbA1c (%)			
1п/г	n = 1	62	6,6	7,0	0,689	58,4
2п/г	n = 1	61	6,4	6,2	1,810	37,6
3п/г	n = 7	69	6,9	7,0	3,153	135,6

На данный момент практически отсутствуют данные по изменению показателей иммуно – биохимического статуса при латентной инфекции вируса Эпштейн-Барр. Возникновение и характер возможной «аллергической» реакции на углеводы также не описан. Поэтому на наш взгляд весьма актуальным является оценка степени зависимости возникновения нарушений углеводного обмена и диабета от интенсивности продукции антител класса IgG к ядерному антигену ВЭБ (IgG ВЭБ NA) и антител класса общего IgE, что косвенно может оценить «аллергическую» реакцию на углеводы при инфекции. Проведенный анализ позволил конкретизировать отдельные критерии формирования аутоиммунных процессов, касающихся взаимодействия антител различных классов при нарушении метаболизма глюкозы и инсулина.

Поскольку В-лимфоциты сами по себе являются защитными клетками организма, заражение их вирусом приводит к подрыву иммунитета. Однако, сами

зараженные лимфоциты достаточно быстро и эффективно уничтожаются клеточными системами защиты – Т-лимфоцитами, Т-супрессорами и NK-лимфоцитами. Однако, при иммунодефиците их количество столь мало, что сдерживать развитие инфекции они не могут.

Показано, что IgG EA (ранние антигены) в сыворотке крови связаны с усилением активности воспаления [22]. Известно, что падение уровня IgE так же связано с воспалительной реакцией, повышение IgE с каскадом аллергических противовоспалительных цитокинов.

В статье представлены результаты определения уровня специфических противовирусных иммуноглобулинов IgG к нуклеарному (ядерному) антигену (ВЭБ NA) в сыворотке крови, а также частоты встречаемости высоких титров в зависимости от степени нарушения углеводного обмена и уровня индукции IgE-поликлонального ответа.

Для анализа зависимости продукции IgG ВЭБ NA при разном уровне глюкозы в крови мы применили подход градации высоких («3») и нулевых («0») титров IgG ВЭБ NA во взаимосвязи с IgE-поликлональным ответом при нарушении толерантности к глюкозе.

Известно, что полное отсутствие IgG ВЭБ NA свидетельствует об иммуносупрессии и иммунодефиците, высокие титры – о хроническом ВЭБ. Нами установлено, что из 30 человек с сахарным диабетом 2 типа (x_{cp} глю – 12,1 ммоль/л) – 21 человек (70 %) имели высокие титры к IgG ВЭБ NA (x_{cp} – 3,134), что свидетельствует об активной персистенции вируса, при этом наблюдается значительное понижение общего IgE в 2 раза, это свидетельствует о развитии воспалительного процесса. Нулевые титры IgG ВЭБ NA (x_{cp} – 0,435) при СД2 можно характеризовать как иммуносупрессию и наблюдать активную алергизацию IgE (204 кМЕ/л). Таким образом, отношения IgG ВЭБ NA и IgE являются антагонистическими при СД2 (Рис. 1).

При нормальном уровне глюкозы, наоборот, «0» титры – (x_{cp} 0,515 ед. опт. плотности) сопровождаются очень низким IgE (x_{cp} – 23 кМЕ/л) и по мере повышения IgG ВЭБ NA возрастает уровень IgE (аллергическая реакция) (x_{cp} – 124 кМЕ/л). Таким образом, при отсутствии диабета, взаимодействие IgG и IgE соответственно носит прямой параллельный характер (Рис. 1).

На наш взгляд полученные нами результаты подтверждают данные о том, что в норме, связывание ВЭБ с CD21 усиливает экспрессию CD23 – низкоаффинного рецептора для IgE [23]. Что и наблюдается при нормальном уровне глюкозы в нашем эксперименте при x_{cp} IgG ВЭБ NA – 2,5, общий IgE – 126 кМЕ/л (Таблица 1).

В настоящее время известно, что связывание ВЭБ с CD21 усиливает экспрессию рецептора CD23 для IgE. Компьютерный анализ показывает, что CD23 – это низкоаффинный рецептор для IgE (Fc – эпсилон RII) – является гликопротеиновым рецептором типа C, содержит домен, характерный для Са-зависимых углеводсвязывающих белков, а также 1 потенциальный сайт N гликозилирования [23]. Анализ уже известного биохимического строения этого рецептора позволяет с высокой степенью вероятности предположить его метаболическое участие в углеводном обмене. Экспрессия рецепторов для IgE на

АНАЛИЗ УРОВНЯ ГЛИКЕМИИ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТИТРОВ ...

клетках островков Лангерганса, в частности: FCER1, CD14, FCER2 (CD23) и участие этих рецепторов в созревании клеток островков Лангерганса, свидетельствуют, что они могут быть опосредованными маркерами нарушений углеводного обмена разной степени тяжести, а связь CD23 с рецептором CD21 для ВЭБ на макрофагах, свидетельствуют о тесных конкурентных механизмах, которые обосновывают актуальность научных исследований в этом направлении. CD21 это гликопротеин, внеклеточная часть состоит из 15–16 доменов, имеющих гомологичную структуру и характерных для белков, контролирующих систему комплемента. В цитоплазматической части есть потенциальные сайты фосфорилирования. В молекуле имеется 11–12 потенциальных мест N-гликозилирования.



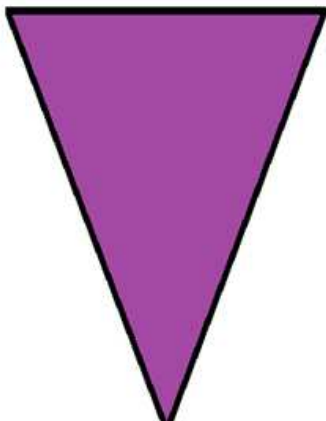

	Уровень глюкозы (ммоль/л)			
	5,0 (Хср 4,9)	6,4 (Хср 5,9)	8,0 (Хср 7,9)	11,0 (Хср 10,9)
	Нормальная группа	Переходная группа	СД2	СД1
Общий IgE	22	58	204	143
Титр антител IgG ВЭБ NA 0 - 1 ед. оп. плотн				
Титр антител IgG ВЭБ NA 1 - 2 ед. оп. плотн				
Титр антител IgG ВЭБ NA 2 - 3,5 ед. оп. плотн				
Общий IgE	126	95	90	43

Рис. 1. Значения общего IgE при различном уровне антител класса G к ядерному антигену Эпштейн-Барр в группах с нормальными показателями глюкозы и при сахарном диабете.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Найдена взаимосвязь между показателями углеводного обмена, уровнем поликлонального IgE ответа и противовирусных иммуноглобулинов G к нуклеарному (ядерному) антигену (NA) вируса Эпштейна-БАР (ВЭБ), что сочетается с данными литературы об экспрессии рецепторов для IgE-CD23, после связывания ВЭБ с его специфическим рецептором CD-21.

2. Установлено, что при нормальном уровне глюкозы повышение IgE соответствует повышению IgG ВЭБ NA, т.е. носит характер прямой параллельной зависимости. Однако, при сахарном диабете 1 и 2 типов, эта зависимость приобретает обратный характер, т.е. при высоком титре IgG ВЭБ NA, резко падает уровень IgE общего.
3. Показано, что сахарный диабет 1 и 2 типа сопровождается в основном высоким титром IgG ВЭБ NA (Xcp – 3,134) у пациентов, имеющих низкие показатели IgG ВЭБ NA (Xcp – 0,435), наблюдались высокие цифры IgE (аллергический путь) (IgEcp 143-204 к МЕ/А)
4. Таким образом, при сахарном диабете высокие титры IgG ВЭБ NA и низкий уровень IgE свидетельствуют о воспалительном процессе, вызванном персистенцией вируса, а «нулевые» значения IgG ВЭБ NA свидетельствуют об иммуносупрессии при сахарном диабете и развитии иммунной системы по аллергическому пути, что может быть использовано для прогнозирования тяжести течения СД.

Список литературы

1. Hermitte L. Paradoxical lessening of autoimmune process in non – obese diabetic mice after infection with the diabetogenic variant of encephalomyocardite virus / L. Hermitte, B. Vialettes, P. Naquet et al. // Eur. J. Immunol. – 1990. – Vol. 20. – P. 1287–1303.
2. Serrese D. V. Acceleration of type 1 diabetes by a coxackie virus infection requires a pruxistiny critical is lets / D. V. Serrese, E. W. Oftendorfer, T. M. Ellis et.al. // Diabetes. – 2000. – Vol. 49. – P. 708–711.
3. Баринский И. Ф. Лечение вирусных инфекций ЦНС. Арбовирусы и Арбовирусные инфекции / И. Ф. Баринский, Л. М. Алимбарова // Материалы расширенного пленума проблемной комиссии «Арбовирусы» и научно-практической конференции Арбовирусы и арбовирусные инфекции», Астрахань. – 2006. – С. 35–37
4. Исаков В. А. Герпесвирусные инфекции человека / В. А. Исаков, Е. И. Архипова, Д. В. Иваков – Санкт-Петербург.: СпецЛит, 2015.
5. Ferri C. Relation between infection and autoimmunity in mixed cryoglobulinemia / C. Ferri, A. L. Zighago // Curr Opin Rheumatol. – 2000. – № 12(1). – P. 53–60
6. Jun H. S. A new look at viruses in type 1 diabetes / H. S. Jun, J. W. Yoon // Diabetes Metab.Res.Rev. – 2003. – Vol. 19. – P. 8–31
7. Ehigiator H. Extract of Nippostrongylus brasiliensis stimulates polyclonal type – 2 immunoglobulin response by inducing de novo class switch / H. Ehigiator, A. Stadnyk, T. Lee // Infect. Immunol. – 2000. – Vol. 68. – P. 4913–22.
8. Jelinek D. Regulation of B lymphocyte differentiation / D. Jelinek // Ann. Allergy Asthma Immunol. – 2000. – Vol. 84. – P. 375–85.
9. Jabara H. Sequential switching from μ to ϵ via $\gamma 4$ in human B cells stimulated with IL-4 and hydrocortisone / H. Jabara, R. Loh, N. Ramesh et al. // J.Immunol. – 1993. – Vol. 151. – P. 4528–33.
10. Kimata H. Growth hormone and insulin - like growth factor 1 induce IgE and IgG4 production by human B cells / H. Kimata, M. Fujimoto // J. Exp. Med. – 1994. – Vol. 180. – P. 727–32.
11. Klamt S. Association between IgE mediated allergies and diabetes mellitus tope 1 in children and adolescents / S. Klamt, M. Vogel, A. Hiemisch, F. Prensels, S. Zachariae, U. Ceglarik, I. Thiery, W. Kiess // Pediatric Diabetes. – 2015. – Vol. 16. – P. 493–503.
12. Роев В. О. Роль Т-клеток в патогенезе сахарного диабета 1 типа: от причин до лечения / В. О. Роев // Диабетология. – 2003. – Т. 46. – С. 305–321.
13. Obar I. I. Different functional capacities of latent and lytic-antigen-specific CD8+ T-cells in murine gamma herpes virus infection / I. I. Obar, S. G. Crist, D. C. Gondbek, E. I. Usherwood // I.Immunol. – 2004. – Vol. 172920. – P. 1213–1220

14. Hess R. D. Routine Epstein-Barr virus diagnostics from the laboratory perspective: still challenging after 35 years / R. D. Hess // J. Clin. Microbiol. – 2004. – Vol. 42(8). – P. 3381–3387
15. Малашенкова И. К. Принципы иммунокорректирующей терапии вторичных иммунодефицитов, ассоциированных с хронической вирусно-бактериальной инфекцией / И. К. Малашенкова, Н. А. Дидковский // Русский медицинский журнал. – 2002. – Т. 10, № 21. – С. 973–977.
16. Brander C. Modulation of host immune responses by clinically relevant human DNA and RNA viruses / C. Brander, B. Walker // Current Opinion in Microbiology. – 2000. – № 3. – P. 379–386
17. Malkin I. E. Epidemiology herpes simplex infection developed countries / I. E. Malkin // Herpes. – 2004. – Vol. 11. – P. 2–23.
18. Телесманич Н. Р. Особенности IgE-поликлонального ответа при нарушениях углеводного обмена в зависимости от антигенов группы крови. / Н. Р. Телесманич, М. А. Коновальчик, З. И. Микашинович, Э. Г. Криволапова // Медицинская иммунология. – 2017. – 19(6). – С. 789–796.
19. Телесманич Н. Р. Анализ уровня общего иммуноглобулина E(IgE) в сыворотке крови людей с различными типами нарушений углеводного обмена и группами крови 0(I), A(II), B(III) / Н. Р. Телесманич, М. А. Коновальчик, З. И. Микашинович // Клиническая лабораторная диагностика. – 2017. – Т. 62, № 8. – С. 476–481.
20. Егорова О. Н. Значение антител к герпетическим вирусам, определяемых у больных с ревматическими заболеваниями / О. Н. Егорова, Р. М. Балабанова, Г. Н. Чувиров // Тер. архив. – 1998. – Т. 70, № 5. – С. 41–45.
21. Brander C. Modulation of host immune responses by clinically relevant human DNA and RNA viruses / C. Brander, B. D. Walker. // Current Opinion in Microbiology. – 2000. – Vol. 3. – P. 379–386.
22. Kumura H. Identification of Epstein-Barr virus (EBV - infected lymphocytes up types by flow cytometric in sit hybridization in EBV associated lymph proliferative diseases / H. Kumura // I.Infect.Dis. – 2009. – Vol. 200(7). – P. 1078–1087.
23. Хаитов Р. М. Система маркерных антигенов CD / Р. М. Хаитов // М.: ГЭОТАР – Медиа, 2013.

ANALYSIS OF THE GLYCEMIA LEVEL AGAINST THE BACKGROUND OF ANTIBODY TITER CHANGE TO THE NUCLEAR ANTIGEN OF THE EPSTEIN-BARR VIRUS AND IGE-POLYCLONAL RESPONSE

Telesmanich N. R., Konoval'chik M. A., Mikashinovich Z. I.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Rostov State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Rostov-on-Don, Russian Federation
E-mail: mariya_konovalchik@mail.ru*

The study is devoted to assessing the dependence of diabetes on the level of production of IgG antibodies to the nuclear antigen of the Epstein-Barr virus (IgG EBV NA) and the polyclonal IgE response. The analysis allowed to specify specific criteria for the formation of autoimmune processes relating to the interaction of antibodies of different classes in the violation of the metabolism of glucose and insulin. It was shown that out of 30 patients examined with a diagnosis of 2DM, 21 people (70 %) had high ELISA IgG titers EBV NA (Xa – 3.134 units of optical density), while there was a 2 – fold decrease in total IgE, which indicates the formation of the inflammatory process. If titers (from 0 to 1 unit density) are observed in T2DM. IgG EBV NA (Xa – 0.435) is immunosuppression, then active allergization is observed (Xa total IgE – 204 kMU/l) and

the formation of an anti – inflammatory reaction, that is, 2DM IgG ratio EBV NA and IgE are antagonistic.

With a normal glucose level in the absence of diabetes, an increase in the IgG level of EBV NA (from 0.515 to 3.500 units of optical density) leads to a smooth increase in IgE (or – 23 kMU/l to 124 kMU/l).

The relationship between the indicators of carbohydrate metabolism, the level of polyclonal IgE response and antiviral immunoglobulins G to the nuclear (nuclear) antigen (NA) of the Epstein-Barr virus (EBV) was found, which is combined with the literature data on the expression of receptors for IgE-CD23, after binding of EBV with its specific CD-21 receptor.

It was found that at normal glucose levels, an increase in IgE corresponds to an increase in IgG of EB NA, i.e. it has the character of a direct parallel dependence. However, with DM types 1 and 2, this dependence becomes reversed, i.e. with a high IgG titer of EB NA, the level of total IgE drops sharply. It was shown that DM1 and DM2 are mainly accompanied by a high titer of IgG EBV NA (Xsr – 3,134) in patients with low IgG EBV NA (Xsr – 0,435), high numbers of IgE (allergic pathway) were observed (IdEsr 143-204 to ME/A) Thus, in diabetes mellitus, high IgG EB NA titers and low IgE levels indicate an inflammatory process caused by the persistence of the virus, and "zero" values of IgG EB NA indicate immunosuppression in diabetes mellitus and the development of the immune system along the allergic pathway, which can be used to predict the severity of diabetes.

Keywords: IgE, specific IgE, total IgE, carbohydrate metabolism disorders, diabetes mellitus, EBV, Epstein-Barr virus, antibody titer.

References

1. Hermitte L., Vialettes B., Naquet P. et al. Paradoxical lessening of autoimmune process in non - obese diabetic mice after infection with the diabetogenic variant of encephalomyocardite virus. *Eur. J. Immunol*, **20**, 1287 (1990).
2. Serrese D. V. Oftendorfer E. W., Ellis T. M. et.al. Acceleration of type 1 diabetes by a coxackie virus infection requires a pruxistiny critical is lets. *Diabetes*, **49**, 708 (2000).
3. Barinskiy I. F., Alimbarova L. M. *Treatment of viral infections of the central nervous system. Arboviruses and Arbovirus infections*. Materials of the expanded plenum of the «infections» problem committee and the scientific and practical conference «Arboviruses and Arbovirus infections» [Lechenie virusnykh infektsiy TsNS. Arbovirusy i Arbovirusnye infektsii. Materialy rasshirennogo plenuma problemnoy komissii «Arbovirusy» i nauchno-prakticheskoy konferentsii « Arbovirusy i Arbovirusnye infektsii »]. Astrakhan, 35 (2006). (in Russian)
4. Isakov V. A., Archipova E. I., Ivakov D. V. *Human herpesvirus infections*. [Gerpesvirusnye infektsii cheloveka].(St. Petersburg: SpetsLit, 2015). (in Russian)
5. Ferri C., Zighago A. L. Relation between in fection an dauto immunity in mixed cryoglobulinemia. *Curr Opin Rheumatol*, **12(1)**, 53 (2000).
6. Jun H. S., Yoon J. W. A new look at viruses in type 1 diabetes. *Diabetes Metab.Res.Rev*, **19**, 8 (2003)
7. Ehigiator H., Stadnyk A., Lee T. Extract of *Nippostrongylus brasiliensis* stimulates polyclonal type – 2 immunoglobulin response by inducing de novo class switch. *Infect. Immunol*, **68**, 4913 (2000).
8. Jelinek D. Regulation of B lymphocyte differentiation. *Ann. Allergy Asthma Immunol*, **84**, 375 (2000).
9. Jabara H., Loh R., Ramesh N. et al. Sequential switching from μ to ϵ via $\gamma 4$ in human B cells stimulated with IL-4 and hydrocortisone. *J.Immunol*, **151**, 4528 (1993).
10. Kimata H., Fujimoto M. Growth hormone and insulin – like growth factor 1 induce IgE and IgG4 production by human B cells. *J. Exp. Med*, **180**, 727 (1994).

11. Klamt S., Vogel M., Hiemisch A., Prensel F., Zachariae S., Ceglari U., Thiery I., Kiess W. "Association between IgE mediated allergies and diabetes mellitus type 1 in children and adolescents". *Pediatric Diabetis* **16**, 493 (2015).
12. Roer V. O. The role of T cells in the pathogenesis of type 1 diabetes: from causes to treatment. *Diabetologiya*, **46**, 305 (2003). (in Russian)
13. Obar I. I., Crist S. G., Gondbek D. C., Usherwood E. I. Different functional capacities of latent and lytic – antigen – specific CD8+ T-cells in murine gamma herpes virus infection, *J. Immunol*, **172**, 1213 (2004).
14. Hess R. D. Routine Epstein-Barr virus diagnostics from the laboratory perspective: still challenging after 35 years. *J. Clin. Microbiol*, **42**(8): 3381 (2004).
15. Malashenkova I. K., Didkovsky N. A. Principles of immunocorrective therapy of secondary immunodeficiencies associated with chronic viral-bacterial infection. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*, **10**(21), 973 (2002) (in Russian).
16. Brander C., Walker B. Modulation of host immune responses by clinically relevant human DNA and RNA viruses. *Current Opinion in Microbiology*, **3**, 379 (2000).
17. Malkin I. E. Epidemiology herpes simplex infection developed countries. *Herpes*, **11**, 2 (2004).
18. Telesmanich N. R., Konovalchik M. A., Mikashinovich Z. I. et al. Blood group antigen-dependent features of polyclonal IgE-response in carbohydrate metabolic disorders. *Meditsinskaya immunologia*, **19**(6): 789 (2017) (in Russian)
19. Telesmanich N. R., Konovalchik M. A., Mikashinovich Z. I. Analysis of the level of total immunoglobulin e (ige) in the serum people with different types of violations of carbohydrate metabolism and blood group 0(I), A(II), B(III). *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*. **62**(8): 476 (2017) (in Russian)
20. Egorova O. N., Balabanova R. M., Chuvirov G. N. The value of antibodies to herpetic viruses determined in patients with rheumatic diseases, *Ter. arkhiv*, **70**(5): 41 (1998) (in Russian)
21. Christian Brander and Bruce D Walker. Modulation of host immune responses by clinically relevant human DNA and RNA viruses. *Current Opinion in Microbiology*, **3**, 379 (2000).
22. Kumura H. Identification of Epstein-Barr virus (EBV)-infected lymphocytes up types by flow cytometric in situ hybridization in EBV associated lymph proliferative diseases. *J. Infect. Dis*, **200**(7), 1078 (2009).
23. Haitov R. M. *System of marker CD antigens*, 280 p. (M.: GEOTAR-Media, 2013). (in Russian).

УДК 591.182: 612.015.6/.018: 612.454: 612.741: 57.084.1

МОДУЛЯЦИЯ АЛЬФАКАЛЬЦИДОЛОМ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ СТЕРОИДНОЙ МИОПАТИИ В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ЖИВОТНЫХ

Труш В. В.¹, Соколов В. И.²

¹*ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк, Украина*

²*Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Ялта, Республика Крым, Россия*
E-mail: ver.trush@yandex.ru

В экспериментах на крысах установлено, что комплексное введение дексаметазона (ДМ) и альфакальцидола (АЛФ) предотвратило типичное для ДМ-группы развитие исходной заблокированности синапсов и частично ослабило повышенную утомляемость мышечных волокон. Вместе с тем, у особей ДМ+АЛФ-группы обнаруживалась признаки постсинаптических нарушений и сниженной лабильности синапсов. Введение АЛФ в комплексе с ДМ, хоть и предотвратило типичное для ДМ-группы появление патологически значимого декремента амплитуды М-ответов при низкой частоте стимуляции нерва (4 имп/с) до утомляющей работы, но у 30 % особей ДМ+АЛФ-группы после утомления он все же регистрировался, что свидетельствует в пользу более низкой, в сравнении с контролем, надежности и, возможно, более высокой утомляемости синапсов. В целом, частичные позитивные эффекты АЛФ в компенсации негативного влияния длительно вводимого ДМ на состояние синаптического звена позволяют рассматривать его как одно из возможных средств для ослабления стероидной миопатии.

Ключевые слова: скелетная мышца; дексаметазон; ятрогенный гиперкортицизм; стероидная миопатия; альфакальцидол.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что терапия глюкокортикоидами (ГК), особенно длительная, сопровождается побочными патологическими изменениями в ряде структур организма, в том числе в нервно-мышечном аппарате (НМА) [1].

Патологические изменения в НМА при гиперкортицизме характеризуются большой сложностью и включают не только дистрофические изменения мышечных волокон (МВ) [2, 3], но и электрофизиологические нарушения собственно МВ [4], синаптического звена [5, 6] и возможно мотонейронов [7–9]. Более того, исследованиями ученых казанской научной школы [10] показано, что в основе снижения мышечной силы под влиянием ГК могут лежать не только длительно развивающиеся структурные и метаболические перестройки в НМА, но и быстро реализующиеся вследствие негеномных их эффектов изменения синаптической передачи.

Вместе с тем, влияние фармакологических доз ГК на синаптический аппарат носит дискуссионный характер и, по мнению разных специалистов, может

затрагивать различные его структуры: пресинаптический полюс [11], активность холинэстеразы [5, 6, 12] и постсинаптическое звено [13].

При этом определенные электрофизиологические нарушения при гиперкортицизме не всегда сопровождаются выраженными функциональными расстройствами. Так, некоторые специалисты отмечают возможное отсутствие выраженного ухудшения сократительной функции скелетных мышц (СМ) при наличии электрофизиологических нарушений [9, 14] и даже улучшение мышечной силы, несмотря на снижение возбудимости МВ и скорости проведения возбуждения по ним под влиянием фармакологических доз ГК [4]. В связи с этим электрофизиологические нарушения СМ при ГК-терапии служат достаточно показательным отражением стероидной миопатии.

Учитывая сложность и разнообразие возможных механизмов стероидной миопатии, до сих пор в литературе не встречается однозначных данных о способах ее коррекции. В качестве возможного средства для ослабления стероидной миопатии некоторые специалисты рассматривают витамин D. Так, в исследовании Miyakoshi N. и соавт. [15] показана эффективность витамина D в предотвращении уменьшения силы и объема мышц крыс, получавших в течение месяца преднизолон. В то же время, оценки электрофизиологических параметров СМ в этой работе не проводилось. Между тем, как уже было отмечено ранее, в основе снижения мышечной силы под влиянием фармакологических доз ГК могут лежать не только мышечная атрофия, но и функциональные изменения в НМА, возможно реализующиеся негеномным путем и затрагивающие синаптическое звено [10]. Соответственно предотвращение только лишь мышечной атрофии может не обеспечить полной компенсации мышечных расстройств, характерных для гиперкортицизма.

В связи с этим становится очевидным, что для полноценной оценки эффективности витамина D и его производных в компенсации стероидной миопатии необходимо изучение не только силовых, но и электрофизиологических параметров СМ, в том числе состояния синаптического аппарата.

Учитывая данные относительно дефицита витамина D в организме [16] и понижения чувствительности периферических тканей к его активному метаболиту кальцитриолу [17] при гиперкортицизме, а также факты снижения синтеза мышечных белков, дегенеративных изменений МВ и усиления их апоптоза при дефиците витамина D [18, 19], в качестве рабочей гипотезы в настоящей работе мы выдвинули предположение относительно эффективности частично активированного метаболита витамина D – альфакальцидола (АЛФ) – в компенсации стероидной миопатии.

При этом использование для компенсации стероидной миопатии именно АЛФ, а не витамина D или его гормонально активного метаболита кальцитриола, было обусловлено двумя обстоятельствами. Во-первых, в отличие от витаминов D₂ и D₃, АЛФ превращается в гормонально активную форму – кальцитриол – в результате однократного гидроксирования в различных структурах организма [20], что важно при длительной ГК-терапии, сопровождающейся снижением активности 25 α -гидроксилазы печени и соответственно нарушением образования кальцидиола

и кальцитриола в организме даже при достаточном экзогенном поступлении витамина D [16]. Во-вторых, АЛФ в отличие от кальцитриола более безопасен в плане возможного развития гиперкальциемии [21].

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы явилось изучение в модельных экспериментах на крысах эффективности альфакальцидола (0,06 мкг/кг/сутки) в компенсации электрофизиологических проявлений стероидной миопатии, индуцированной длительным введением дексаметазона (0,25 мг/кг/2-е суток, на протяжении 30 дней). В качестве объекта исследования была выбрана передняя большеберцовая мышца, характеризующаяся существенным преобладанием гликолитических волокон, проявляющих гораздо более высокую, в сравнении с оксидативными волокнами, чувствительность к катаболическому действию ГК [22].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все эксперименты выполнены в соответствии с «Руководством по проведению доклинических исследований лекарственных средств» [23]. Животные содержались в помещении кафедры физиологии человека и животных Донецкого национального университета с температурой воздуха 22 °С и 12-часовым циклом свет/темнота, имели свободный доступ к воде и пище. Протокол эксперимента, содержание животных и выведение их из опыта были составлены в соответствии с Европейской конвенцией о защите животных, используемых в эксперименте (директива 86/609/ЕЕС). Работа одобрена этическим комитетом университета.

Исследования проводились на 40 половозрелых молодых крысах-самках 4–5-ти месячного возраста с исходной массой тела 195–205 г. Выбор особей женского пола в качестве объекта исследования был обусловлен большей их чувствительностью, в сравнении с особями мужского пола, к катаболическому действию ГК. Животные были случайным образом разделены на 4 группы: контрольную (интактная, не подвергались никаким воздействиям, К-группа, n=10), I опытную (получали дексаметазон, ДМ-группа, n=10), II опытную (получали дексаметазон в комплексе с альфакальцидолом, ДМ+АЛФ-группа, n=10) и III опытную (получали альфакальцидол, АЛФ-группа, n=10). Препараты вводили в дозах, адекватных терапевтическим для человека, на протяжении 30 дней: дексаметазон (KRKA, Словения) – в дозе 0,25 мг/кг, 1 раз в 2-е суток, внутривенно, альфакальцидол (торговая марка «Альфа D3-Тева» производства фирмы Catalent Germany Eberbach GmbH, Германия) – в дозе 0,06 мкг/кг, ежедневно, перорально.

По окончании срока введения препаратов на наркотизированных животных (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутривенно) проводили острый опыт, в ходе которого с помощью метода стимуляционной электромиографии регистрировали серии М-ответов передней большеберцовой мышцы (*m. tibialis anterior*) при разных режимах стимуляции малоберцового нерва.

Для регистрации М-ответов мышцы использовалась экспериментальная установка, состоящая из двух каналов: канала электростимулятора и электромиографического. Канал электростимулятора представлен собственно электростимулятором, построенным на основе функционального генератора

ICL8038CCDP и биполярными игольчатыми стальными электродами с межэлектродным расстоянием 1 мм. *Электромиографический канал* представлен отводящими биполярными игольчатыми стальными электродами с межэлектродным расстоянием 1 мм и электромиографическим биоусилителем, построенным на основе измерительного усилителя INA118. Оба канала были связаны с регистрирующим устройством – запоминающим цифровым осциллографом Tektronix (TDS2004C).

Ход опыта был следующим. У наркотизированного животного препаровали в области бедра малоберцовый нерв и на расстоянии 1 см проксимальнее коленного сустава подводили под него раздражающие электроды, а в среднюю часть передней большеберцовой мышцы вводили отводящие биполярные игольчатые стальные электроды с межэлектродным расстоянием 1 мм.

После выполнения подготовительных процедур регистрировали в течение 5 с серию М-ответов мышцы, вызванную раздражением малоберцового нерва сверхпороговыми электрическими импульсами (длительность – 150 мкс каждый и сила тока – 500 мкА) низкой частоты (4 имп/с). На основании полученных записей оценивали изменение амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го, принятого за 100 %, и судили о надежности нервно-мышечной передачи.

Затем в течение 5 с регистрировали серию М-ответов мышцы при оптимальной частоте раздражения малоберцового нерва – 30 имп/с (длительность и сила электрических импульсов оставались прежними – 150 мкс и 500 мкА). На основании этих записей определяли изменение амплитуды М-ответов в процессе ритмической их генерации с частотой 30 в секунду относительно 1-го, амплитуда которого принималась за 100 %. По степени увеличения и уменьшения амплитуды М-ответов в серии относительно амплитуды 1-го М-ответа судили об облегчении и депрессии синаптической передачи.

На следующем этапе на малоберцовый нерв в течение 6 с наносили серию импульсов с плавно нарастающей частотой от 4 до 70 имп/с (длительность импульсов составляла 50 мкс, сила тока – 1000 мкА). При этом мышца постепенно переходила от одиночных сокращений к тетанусу и, сокращаясь, поднимала груз в 20 г. Для нанесения на малоберцовый нерв импульсов нарастающей частоты использовали специальный стимулятор, построенный на основе управляемого функционального генератора ICL8038.

На основании полученных записей оценивали амплитуду 1-го М-ответа в серии, среднюю амплитуду М-ответов каждого животного в диапазоне частот 30–50 имп/с (оптимальные частоты для НМА) и при частоте 70 имп/с (высокая частота). На основании этих амплитуд определяли у каждого животного изменение (в %) средних амплитуд М-ответа при частоте 30–50 имп/с и 70 имп/с к амплитуде 1-го М-ответа в серии. Кроме того, по этим записям определяли амплитуду одиночного М-ответа до и после 6-секундной тетанизации, и по степени изменения амплитуды одиночного М-ответа после тетануса относительно исходной (перед тетанусом) судили о посттетаническом облегчении.

Затем проводилась регистрация М-ответов мышцы и кривой ее тетанического сокращения (с внешней нагрузкой 70 г) в процессе выполнения утомляющей работы

(УР), которую индуцировали путем высокочастотного раздражения электрическим током малоберцового нерва (70 имп/с, длительность импульсов – 0,5 мс и сила тока – 1000 мкА) вплоть до почти полного расслабления мышцы на фоне продолжающейся электрической стимуляции. На основании полученных записей устанавливали процентное снижение амплитуды М-ответов (относительно 1-го М-ответа в серии) при достижении максимальной амплитуды тетануса, а также уменьшении амплитуды тетануса на 50 % и 80 % относительно максимально достижимой.

После выполнения мышцей УР вновь регистрировали серию М-ответов мышцы при раздражении малоберцового нерва с низкой частотой (4 имп/с) и оценивали надежность нервно-мышечной передачи после утомления.

По окончании острого опыта в условиях глубокого наркоза проводили эвтаназию животных путем введения летальной дозы (300 мг/кг) тиопентала натрия.

Статистическая обработка экспериментальных данных. Оценку статистической достоверности различий между центральными тенденциями сравниваемых групп осуществляли с использованием t-критерия Стьюдента, предварительно убедившись в том, что распределение значений в исследуемых вариационных рядах близко к нормальному (W-тест Шапиро-Уилка, Statistica, 7.0), и F-статистики на основании проверки нулевой и альтернативной гипотез. Значения $p < 0,05$ рассматривали как статистически достоверные. Исследуемые параметры выражали в виде «среднее \pm стандартная ошибка».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ характера изменения параметров М-ответа мышцы животных ДМ-группы при разных режимах стимуляции малоберцового нерва выявил косвенные признаки ухудшения функционального состояния синаптического аппарата. Так, длительное изолированное введение ДМ сопровождалось ухудшением надежности синаптической передачи. В пользу этого свидетельствует наблюдаемый у большинства животных ДМ-группы (70 % особей) патологически значимый (превышающий 10 %) декремент амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го при раздражении НМА с низкой частотой (4 имп/с) и в целом более высокая в сравнении с контролем ($p < 0,05$) средняя по ДМ-группе величина этого декремента (см. табл. 1).

Уменьшение надежности нервно-мышечной передачи при длительном введении ДМ наблюдалось и в более ранних исследованиях, проведенных в нашей лаборатории [24], и может быть обусловлено как пре-, так и постсинаптическими нарушениями, возникающими под действием фармакологических доз ГК.

Вместе с тем, после выполнения УР частота встречаемости патологически значимого декремента амплитуды М-ответов при низкой частоте стимуляции НМА у животных ДМ-группы существенно понижалась (до 30%) и средний по группе декремент амплитуды М-ответов значимо не отличался от контрольного (см. табл. 1). Амплитуда 1-го М-ответа в серии после УР у животных ДМ-группы

уменьшалась в такой же мере (на 38 % относительно исходного значения), как и у контроля (на 37 %, см. табл. 1).

Уменьшение частоты встречаемости патологически значимого декремента амплитуды М-ответа у животных ДМ-группы после УР было обнаружено и в более ранних наших исследованиях [25]. В основе данного явления могут лежать две причины: с одной стороны, полное выключение части патологически измененных МВ из возбуждения после утомления, с другой – частичное включение в работу предварительно заблокированных синапсов. В пользу данного предположения свидетельствует тот факт, что, несмотря на то, что амплитуда 1-го М-ответа в серии у животных ДМ-группы была значимо ниже, чем у контроля ($p < 0,05$), после УР она уменьшалась относительно исходного уровня в такой же степени, как и у контроля (см. табл. 1).

Таблица 1

Средние значения ($\bar{X} \pm m$) амплитуды 1-го М-ответа в серии и декремента амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го (в %) при частоте стимуляции малоберцового нерва 4 имп/с в мышце контрольных животных и крыс, получавших дексаметазон (ДМ) и альфакальцидол (АЛФ) изолированно и комплексно (ДМ+АЛФ)

Параметр	Группа животных			
	К	ДМ	ДМ+АЛФ	АЛФ
Исходные значения (до утомляющей работы)				
Амплитуда 1-го М-ответа в серии, мВ	2,5±0,21	1,7±0,22 [-33*]	4,1±0,29 [+64*], +145 ^x	4,1±0,44 [+65*]
Декремент амплитуды М-ответа, %	2,4±1,14	-19,5±4,02 ^o	-0,7±2,53	1,5±3,36
% особей в группе с декрементом амплитуды М-ответов более 10%	0	70	0	0
Значения после утомляющей работы				
Амплитуда 1-го М-ответа в серии, мВ	1,6±0,22 (-37±3,9●)	1,0±0,15 (-38±3,9●), [-36*]	2,5±0,31 (-40±8,6●) [+54*], +139 ^x	2,8±0,33 (-31±7,6●), [+77*]
Декремент амплитуды М-ответа, %	1,9±0,99	-8,8±6,09	1,1±7,65	-2,5±4,06
% особей в группе с декрементом амплитуды М-ответов более 10%	0	30	30	0

Примечание: ● – в круглых скобках указана статистически значимая разница показателя относительно исходного значения соответствующей группы (в %, $p < 0,05$); * – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения контрольной группы (в %, $p < 0,05$); ^x – указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения ДМ-группы (в %, $p < 0,05$); ^o – разница декремента амплитуды М-ответа в опытной группе статистически значима ($p < 0,05$) относительно такового контроля.

С целью более детального изучения возможных причин снижения надежности синаптической передачи при длительном введении ДМ, мы сочли необходимым проанализировать степень посттетанического облегчения, которую оценивали по приросту амплитуды М-ответа сразу после 6-ти секундного гладкого тетануса с малой нагрузкой (20 г) относительно исходной амплитуды М-ответа (перед тетанусом).

Анализ изменения амплитуды М-ответов до и после 6-ти секундной тетанизации у животных ДМ-группы показал следующее. Амплитуда исходного М-ответа (до тетануса) у крыс ДМ-группы была значимо ниже ($p < 0,01$), чем у контроля (на 65 %), но степень ее прироста после 6-ти секундного тетануса у животных ДМ-группы существенно превосходила таковую контроля ($p < 0,01$), в результате чего амплитуда М-ответа животных ДМ-группы после тетануса значимо не отличалась от контрольного значения после тетануса (см. табл. 2). Данный факт указывает в пользу выраженного посттетанического облегчения у крыс ДМ-группы, и, поскольку это облегчение имело место на фоне сниженной относительно контроля ($p < 0,05$) амплитуды исходных М-ответов, наиболее вероятной его причиной является частичная исходная заблокированность синапсов [26].

Согласно Гехту Б. М. [26] при исходной частичной заблокированности синапсов уменьшается или вообще исчезает декремент амплитуды М-ответов после тетануса, тогда как до тетанизации он проявляется. Как уже отмечалось ранее, у животных ДМ-группы наблюдалось существенное уменьшение частоты встречаемости патологически значимого декремента амплитуды М-ответов при низкой частоте стимуляции НМА (4 имп/с) после УР в сравнении с исходным значением (с 70 % до 30 %, см. табл. 1). Данный факт на фоне гораздо более выраженного посттетанического облегчения у крыс ДМ-группы еще раз подтверждает наличие у них исходной заблокированности синапсов.

Таблица 2

Средние значения ($\bar{X} \pm m$) амплитуды М-ответа и степени ее изменения (в % относительно исходного значения) после 6-секундной тетанизации мышцы контрольных животных и крыс, получавших дексаметазон (ДМ) и альфакальцидол (АЛФ) изолированно и комплексно (ДМ+АЛФ)

Группа животных	Амплитуда М-ответа исходная, мВ	Амплитуда М-ответа после 6-секундной тетанизации, мВ	Посттетаническое облегчение (% изменение амплитуды М-ответа после тетануса к исходной)
К	3,1±0,24	2,8±0,28	-10,9±3,08
ДМ	1,1±0,25, [-65*]	2,0±0,51	83,9±24,62°
АЛФ	3,9±0,38	3,8±0,41	-2,6±3,42
ДМ+АЛФ	3,4±0,33, +209 ^x	3,4±0,34, +71 ^x	1,9±5,89 ^x

Примечание: * – различия статистически значимы относительно соответствующего значения контрольной группы ($p < 0,05$); ^x – различия статистически значимы относительно соответствующего значения ДМ-группы ($p < 0,05$); ° – разница в величине посттетанического облегчения опытной группы статистически значима ($p < 0,01$) относительно таковой контроля

Введение АЛФ в комплексе с ДМ предотвратило снижение амплитуды 1-го М-ответа в серии при низкой частоте стимуляции НМА (4 имп/с), появление патологически значимого декремента амплитуды М-ответа до тетанизации (см. табл.1), а также выраженное посттетаническое облегчение (см. табл. 2), типичные для ДМ-группы. Вместе с тем, у 30 % особей ДМ+АЛФ-группы после УР регистрировался патологически значимый декремент амплитуды М-ответа при низкой частоте стимуляции нерва (4 имп/с), тогда как для контрольных особей, мышца которых выполняла такую же работу, он не был характерен (см. табл. 1). Данные факты указывают в пользу отсутствия исходной заблокированности синапсов у крыс ДМ+АЛФ-группы, но при этом снижения у части животных надежности синаптической передачи и возможно более высокой утомляемости синапсов, обусловленных либо постсинаптическими изменениями, либо посттетаническим истощением запасов медиатора в пресинаптических окончаниях в связи с нарушением его ресинтеза.

В связи с тем, что у животных ДМ- и ДМ+АЛФ-групп выявлялись признаки сниженной надежности синаптической передачи, в основе которых могут лежать как пре-, так и постсинаптические нарушения, на следующем этапе для более полной оценки функционального состояния синаптического аппарата мы сочли необходимым исследовать характер изменения амплитуды М-ответов при стимуляции малоберцового нерва с оптимальной частотой – 30 имп/с.

Анализ полученных данных показал, что при изолированном введении ДМ имело место уменьшение амплитуды 1-го М-ответа в серии при раздражении НМА с оптимальной частотой (30 имп/с), и у 50 % особей наблюдалось патологически значимое облегчение синаптической передачи, проявляющееся в приросте амплитуды М-ответа относительно таковой 1-го в более чем 30 %. Средняя по ДМ-группе степень облегчения синаптической передачи превышала 30 % и оказалась значимо выше уровня контроля ($p < 0,05$, см. табл. 3).

В связи с тем, что выраженное (превышающее 30 %) облегчение синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции НМА у животных ДМ-группы имело место на фоне сниженной амплитуды 1-го М-ответа в серии, наиболее вероятной его причиной является исходная заблокированность синапсов, обусловленная возможным дефицитом медиатора или затруднением его кальцийзависимого экзоцитоза. Таким образом, и при раздражении НМА с оптимальной частотой (30 имп/с) у животных ДМ-группы выявлялись признаки заблокированности синапсов.

Наряду с выраженным облегчением синаптической передачи у части животных ДМ-группы (30 % особей) при оптимальной частоте стимуляции НМА отмечалась патологически значимая депрессия синаптической передачи, проявляющаяся в понижении амплитуды М-ответов относительно амплитуды 1-го в серии более чем на 25 % (см. табл. 3). Средняя по ДМ-группе степень депрессии синаптической передачи не достигала 25 %, но значимо превосходила контрольный уровень ($p < 0,05$, см. табл. 3).

В основе наблюдаемой нами у некоторых животных ДМ-группы патологически значимой депрессии синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции

НМА (30 имп/с) могут лежать определенные постсинаптические нарушения: уменьшение плотности холинорецепторов или их чувствительности к ацетилхолину, в том числе в связи с выраженным его накоплением в синаптической щели по мере ритмической активности синапса [26]. Отчасти такое накопление медиатора в синаптической щели при ритмической активности синапса, предопределяющее десенситизацию холинорецепторов, может быть вызвано понижением активности холинэстеразы под действием ГК, о чем свидетельствуют данные других исследователей [5, 12].

Введение АЛФ в комплексе с ДМ полностью предотвратило появление случаев патологически значимого облегчения синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции НМА, но не привело к предотвращению случаев выраженной депрессии синаптической передачи, типичных для ДМ-группы, и не обусловило уменьшения частоты их появления. Так, патологически значимая депрессия синаптической передачи при раздражении НМА с оптимальной частотой встречалась у 30 % особей ДМ+АЛФ-группы, и средняя по группе степень этой депрессии превышала контрольное значение ($p < 0,05$, см. табл. 3).

Таблица 3

Средние значения ($\bar{X} \pm m$) амплитуды М-ответа и степени облегчения и депрессии синаптической передачи (повышения и понижения в % амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии) при оптимальной частоте стимуляции малоберцового нерва (30 имп/с) у контрольных животных и крыс, получавших дексаметазон (ДМ) и альфакальцидол (АЛФ) изолированно и комплексно (ДМ+АЛФ)

Параметр М-ответа	Группа животных			
	К	ДМ	ДМ+АЛФ	АЛФ
Амплитуда 1-го М-ответа в серии, мВ	2,4±0,21	1,7±0,21 [-31*]	4,6±0,55, [+91*], +178 ^x	4,7±0,57, [+94*]
Степень облегчения синаптической передачи, %	11,1±2,86	37,8±8,91 [°]	7,7±3,46 ^x	10,5±5,31
% особей в группе с синаптическим облегчением более 30%	0	50	0	0
Степень депрессии синаптической передачи, %	-5,7±2,58	-19,5±5,34 [°]	-18,7±5,11 [°]	-8,5±3,16
% особей в группе с синаптической депрессией более 25%	0	30	30	0

Примечание: * – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно контрольной группы (в %, $p < 0,05$); ^x – указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения ДМ-группы (в %, $p < 0,05$); [°] – разница степени облегчения или депрессии синаптической передачи в опытной группе статистически значима ($p < 0,05$) относительно таковой контроля

Отсутствие случаев патологически значимого облегчения синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции НМА у животных ДМ+АЛФ-группы еще раз подтверждает отсутствие у них исходной заблокированности синапсов. Вместе с тем, наличие у 30 % особей ДМ+АЛФ-группы патологически значимой депрессии синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции НМА свидетельствует в пользу сохранности у них определенных постсинаптических нарушений, вызванных ДМ, – уменьшения плотности холинорецепторов в синаптической мембране или их чувствительности к ацетилхолину.

В связи с тем, что при оптимальной частоте стимуляции НМА нами были выявлены определенные пре- и постсинаптические нарушения у животных ДМ-группы и сохранность постсинаптических нарушений в ДМ+АЛФ-группе, на следующем этапе исследований мы сочли необходимым оценить лабильность синаптической передачи, раздражая малоберцовый нерв электрическими стимулами с высокой частотой (70 имп/с), и при плавном увеличении частоты стимуляции (от 0,2 до 70 имп/с).

Анализ полученных данных показал следующее. Изолированное введение ДМ обуславливало более существенные, чем у контроля ($p < 0,05$), колебания амплитуды М-ответов (относительно таковой 1-го в серии) при раздражении НМА стимулами нарастающей частоты (от 0,2 до 70 имп/с). Так, спустя 30 дней изолированного введения ДМ наблюдалось значимое относительно контроля понижение амплитуды 1-го М-ответа в серии (на 46 %, $p < 0,05$) и гораздо более выраженные, чем у контроля ($p < 0,05$), колебания амплитуды М-ответов при разных частотах стимуляции малоберцового нерва: существенное ее увеличение (на 75 % относительно амплитуды 1-го М-ответа в серии, $p < 0,05$) при частоте раздражения НМА 30-50 имп/с и выраженное снижение (на 41 % относительно амплитуды 1-го М-ответа в серии, $p < 0,05$) при высокой частоте стимуляции малоберцового нерва (70 имп/с) (см. табл. 4).

Наблюдаемое нами у животных ДМ-группы гораздо более выраженное, чем у контроля, повышение амплитуды М-ответов на фоне сниженной относительно контроля амплитуды 1-го М-ответа в серии в диапазоне оптимальных частот стимуляции НМА (30-50 имп/с) еще раз подтверждает исходную заблокированность синапсов, тогда как выраженное снижение амплитуды М-ответов при высокой частоте стимуляции малоберцового нерва (70 имп/с) указывает в пользу сниженной лабильности синапсов.

Введение АЛФ в комплексе с ДМ несколько модулировало характер изменения амплитуды М-ответов мышцы при раздражении НМА стимулами плавно нарастающей частоты (от 0,2 до 70 имп/с) в сравнении с ДМ-группой.

Во-первых, при комплексном применении ДМ и АЛФ не наблюдалось уменьшения амплитуды 1-го М-ответа в серии, типичного для ДМ-группы, напротив, эта амплитуда превосходила ($p < 0,01$) значения ДМ-группы и контроля (см. табл. 4).

Во-вторых, у животных ДМ+АЛФ-группы отсутствовало типичное для ДМ-группы более существенное, в сравнении с контролем, повышение амплитуды М-ответов относительно таковой 1-го в серии в диапазоне частот стимуляции

малоберцового нерва 30-50 имп/с (см. табл. 4). Данный факт на фоне обсуждаемых ранее отсутствия выраженного посттетанического облегчения и патологически значимого прироста амплитуды М-ответов при оптимальной частоте стимуляции малоберцового нерва (30 имп/с), типичных для ДМ-группы, еще раз подтверждает отсутствие заблокированности синапсов у животных ДМ+АЛФ-группы.

Таблица 4

Изменение амплитуды М-ответов мышцы ($\bar{X} \pm m$) по мере увеличения частоты стимуляции нервно-мышечного аппарата от 0,2 до 70 имп/с у контрольных животных и крыс, получавших дексаметазон (ДМ) и альфакальцидол (АЛФ) изолированно и комплексно (ДМ+АЛФ)

Группа животных	Амплитуда 1-го М-ответа в серии, мВ	Изменение амплитуды М-ответов (в % относительно 1-го) по мере повышения частоты стимуляции малоберцового нерва	
		при частоте стимуляции 30-50 имп/с	при частоте стимуляции 70 имп/с
К	2,2±0,24	16,8±3,65	-3,9±2,19
ДМ	1,2±0,14, [-46*]	75,0±15,94 [•]	-41,4±7,64 [•]
АЛФ	2,9±0,33	25,9±8,85	-3,4±2,76
ДМ+АЛФ	2,7±0,29, +122 ^x	9,1±3,14 ^x	-43,3±6,51 [•]

Примечание: * – в квадратных скобках указана статистически значимая ($p < 0,05$) разница показателя относительно контрольной группы; • – изменение амплитуды М-ответа относительно таковой 1-го в серии статистически значимо ($p < 0,01$); ^x – указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения ДМ-группы (в %, $p < 0,01$); [°] – разница степени изменения амплитуды М-ответа относительно таковой 1-го в серии статистически значима ($p < 0,01$) в сравнении с соответствующим изменением амплитуды М-ответа у контроля

Вместе с тем, подобно ДМ-группе в ДМ+АЛФ-группе сохранялось более выраженное, в сравнении с контролем ($p < 0,05$), снижение амплитуды М-ответов относительно таковой 1-го в серии (на 43 %, $p < 0,05$) в диапазоне высоких частот стимуляции НМА (70 имп/с). Следовательно, у животных, получавших ДМ в комплексе с АЛФ, сохранялась пониженная лабильность синапсов при высокой частоте стимуляции малоберцового нерва, типичная для ДМ-группы. Поскольку одновременно в ДМ+АЛФ-группе регистрировались случаи патологически значимой депрессии синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции малоберцового нерва (30 имп/с), можно предположить, что основными причинами сниженной лабильности синапсов являются постсинаптические нарушения.

На заключительном этапе наших исследований представляло интерес проанализировать характер изменения амплитуды М-ответов мышцы животных разных групп при стимуляции НМА с высокой частотой (70 имп/с) в динамике выполнения мышцей УР с внешней нагрузкой 70 г. На основании изменений амплитуды М-ответов при таком режиме стимуляции НМА можно косвенно судить о его утомляемости и отчасти лабильности.

Анализ полученных данных показал, что длительное изолированное введение ДМ сопровождалось уменьшением амплитуды 1-го М-ответа в серии (на 32 %, $p < 0,05$ относительно контроля) при раздражении НМА с высокой частотой (70 имп/с) и определенными особенностями в сравнении с контролем изменения амплитуды М-ответов в динамике выполнения мышцей УР (табл. 5).

Во-первых, для мышцы животных ДМ-группы было характерно более выраженное в сравнении с контролем ($p < 0,05$) снижение амплитуды М-ответов (относительно амплитуды 1-го М-ответа в серии) при максимальной амплитуде тетануса (на 26 % против снижения в 10 % у контроля), что указывает в пользу меньшей лабильности их синапсов или возможного энергодефицита МВ, обуславливающего нарушение нормальной работы Na^+/K^+ -насоса и развитие стойкой их деполяризации на начальных этапах высокочастотной стимуляции.

Во-вторых, у животных ДМ-группы имело место и более выраженное в сравнении с контролем ($p < 0,05$) падение амплитуды М-ответов мышцы относительно 1-го в серии на заключительных этапах развития утомления (при снижении амплитуды тетануса на 50 % и 80 % относительно максимальной). Данный факт указывает в пользу более высокой утомляемости мышцы крыс ДМ-группы, развития более выраженного энергодефицита в ее волокнах и возможной их контрактуры.

Введение АЛФ в комплексе с ДМ несколько модулировало характер изменения амплитуды М-ответов мышцы в динамике выполнения УР (см. табл. 5).

Таблица 5

Изменение амплитуды М-ответов мышцы ($\bar{X} \pm m$) в момент ее тетанической утомляющей работы у контрольных животных и крыс, получавших дексаметазон (ДМ) и альфакальцидол (АЛФ) изолированно и комплексно (ДМ+АЛФ)

Группа животных	Амплитуда 1-го М-ответа в серии, мВ	Изменение амплитуды М-ответов (в % относительно 1-го) на разных этапах утомляющей работы		
		при максимальной амплитуде тетанического сокращения	при снижении амплитуды тетанического сокращения на 50 % относительно максимальной	при снижении амплитуды тетанического сокращения на 80 % относительно максимальной
К	2,4±0,23	-9,8±4,59	-68,6±4,08	-87,0±2,64
ДМ	1,6±0,24, [-32*]	-26,0±4,07°	-86,1±2,87°	-96,0±2,06°
АЛФ	2,8±0,29	-3,7±2,47	-76,6±4,39	-86,0±1,43
ДМ+АЛФ	2,6±0,29, +54 ^x	-5,9±2,95 ^x	-77,0±3,59	-91,2±1,28

Примечание: * – в квадратных скобках указана статистически значимая ($p < 0,05$) разница показателя относительно контрольной группы; ^x – указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения ДМ-группы (в %, $p < 0,05$); ° – разница степени изменения амплитуды М-ответа относительно таковой 1-го в серии статистически значима ($p < 0,01$) в сравнении с соответствующим изменением амплитуды М-ответа у контроля

Во-первых, у животных ДМ+АЛФ-группы не наблюдалось типичного для ДМ-группы значимого относительно контроля снижения амплитуды 1-го М-ответа в серии при стимуляции НМА с высокой частотой (70 имп/с).

Во-вторых, у крыс ДМ+АЛФ-группы степень уменьшения амплитуды М-ответа относительно 1-го в серии при раздражении малоберцового нерва с высокой частотой (70 имп/с) на различных этапах УР значимо не отличалась от таковой контроля (см. табл. 5). В то же время, некоторая тенденция к более выраженному в сравнении с контролем уменьшению амплитуды М-ответов относительно таковой 1-го в серии на заключительных этапах УР у животных ДМ+АЛФ-группы все же сохранялась, но она не достигала статистически значимого характера, типичного для ДМ-группы.

Поскольку основной причиной более выраженного снижения амплитуды М-ответов по мере выполнения УР у животных ДМ-группы в сравнении с контролем, скорее всего, является более выраженный энергодефицит в МВ, обуславливающий деполяризацию МВ и, как следствие, понижение амплитуды М-волны, можно высказать 2 гипотезы. Во-первых, длительно вводимый ДМ вызывал развитие энергодефицита в МВ, в пользу чего косвенно свидетельствует более выраженное в сравнении с контролем падение амплитуды М-ответов по мере утомления. Во-вторых, АЛФ, вводимый в комплексе с ДМ, обуславливал уменьшение степени этого энергодефицита, в результате чего у животных ДМ+АЛФ-группы наблюдалась лишь недостоверная тенденция к более выраженному в сравнении с контролем снижению амплитуды М-ответов по мере развития утомления.

В пользу способности АЛФ улучшать функциональное состояние и выносливость СМ свидетельствуют и другие исследователи [27, 28]. Выявлено, что активный метаболит АЛФ – кальцитриол – увеличивает относительную экспрессию генов VDR, PGC1 α и PPAR γ у пациентов с ожирением [29]. PGC-1 α , в свою очередь, участвует в регуляции активности митохондриальных генов, окислительного метаболизма и адаптации мышц к физическим нагрузкам, а также координирует внутримышечную программу отложения липидных капель и процессы митохондриального ремоделирования [29].

Кроме того, дефицит кальцитриола, в том числе имеющий место при длительной ГК-терапии [16], обуславливает повышение резистентности периферических тканей к инсулину по причине ослабления экспрессии рецепторов PPAR γ [30]. Кальцитриол же усиливает экспрессию этих рецепторов [31] и тем самым способствует благоприятному влиянию физической нагрузки на организм.

В то же время не все авторы признают способность АЛФ повышать устойчивость СМ к утомлению [32], а некоторые [33, 34] наблюдали его положительное действие на мышечную силу и мышечный метаболизм только у индивидов с исходным дефицитом витамина D.

Интересно, что при исследовании степени снижения амплитуды М-ответов мышцы по мере развития утомления в условиях нашего эксперимента не было обнаружено способности АЛФ, применяемого изолированно, существенным образом повышать устойчивость мышцы к утомлению. В пользу этого

свидетельствует тот факт, что степень снижения амплитуды М-ответов по мере снижения амплитуды тетанического сокращения на 50 % и 80 % относительно максимальной в АЛФ-группе значимо не отличалась от контроля (см. табл. 5). Вместе с тем, АЛФ при комплексном введении с ДМ существенно ослабил степень уменьшения амплитуды М-ответов по мере выполнения УР в сравнении с ДМ-группой. Очевидно, способность АЛФ позитивно влиять на устойчивость мышцы к утомлению, действительно проявляется в условиях его исходного дефицита, в том числе характерного для длительной ГК-терапии [16, 35].

Подводя итог изложенному, необходимо заключить, что комплексное введение ДМ и АЛФ предотвратило типичное для части особей ДМ-группы появление патологически значимого облегчения синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции нерва (30 имп/с), что косвенно указывает в пользу отсутствия исходной заблокированности синапсов у животных ДМ+АЛФ-группы. Кроме того, степень уменьшения амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии в процессе выполнения мышцей УР у животных ДМ+АЛФ-группы значимо не отличалась от контроля, тогда как в ДМ-группе – превосходила контрольные значения. Данный факт косвенно указывает в пользу способности АЛФ частично ослаблять повышенную утомляемость МВ, вызванную длительным введением ДМ.

Вместе с тем, у части животных ДМ+АЛФ-группы (у 30 % особей) обнаруживалась патологически значимая депрессия синаптической передачи при раздражении НМА с оптимальной частотой (30 имп/с), что указывает в пользу сохранности у них постсинаптических нарушений. Кроме того, в ДМ+АЛФ-группе, подобно ДМ-группе, сохранялось более выраженное, в сравнении с контролем, снижение амплитуды М-ответов относительно таковой 1-го в серии (на 43-42 % против недостоверного уменьшения в 4 % у контроля) при раздражении НМА стимулами нарастающей частоты (0,2-70 имп/с) в диапазоне высоких частот стимуляции (70 имп/с), указывающее в пользу сохранности сниженной лабильности синапсов.

Наконец, введение АЛФ в комплексе с ДМ, хоть и предотвратило типичное для ДМ-группы появление патологически значимого декремента амплитуды М-ответов при низкой частоте стимуляции нерва (4 имп/с) до УР, но у 30 % особей ДМ+АЛФ-группы после УР все же регистрировался патологически значимый декремент амплитуды М-ответов, который свидетельствует в пользу более низкой, в сравнении с контролем, надежности и, возможно, более высокой утомляемости синапсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АЛФ, вводимый в комплексе с ДМ, предотвратил исходную заблокированность синапсов и ухудшение устойчивости мышцы к утомлению, типичные для ДМ-группы, но не смог полностью предотвратить уменьшения надежности синаптической передачи и развитие постсинаптических нарушений. Вместе с тем, частичные позитивные эффекты АЛФ в компенсации негативного влияния длительно вводимого ДМ на состояние синаптического звена позволяют рассматривать его как одно из возможных средств для ослабления стероидной миопатии.

Список литературы

1. Комердус И. В. Системное действие глюкокортикоидных препаратов: в помощь врачу общей практики (обзор литературы) / И. В. Комердус, Н. А. Будул, А. В. Чеканова // Российский медицинский журнал (РМЖ). – 2017. – №1. – С. 45–48.
2. Sakai H. Dexamethasone exacerbates cisplatin-induced muscle atrophy / H. Sakai, M. Kimura, Y. Tsukimura et. al. // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. – 2019. – Vol. 46, №1. – P. 19–28. doi: 10.1111/1440-1681.13024
3. Shin K. Fbxw7 β is an inducing mediator of dexamethasone-induced skeletal muscle atrophy in vivo with the axis of Fbxw7 β -myogenin-atrogenes / K. Shin, Y. Ko, J. Jeong // Mol. Biol. Rep. – 2018. – Vol. 45, №4. – P. 625–631. doi: 10.1007/s11033-018-4185-9
4. Minetto M. A. Muscle fiber conduction slowing and decreased levels of circulating muscle proteins after short-term dexamethasone administration in healthy subjects / M. A. Minetto, A. Botter, F. Lanfranco // J. Clin. Endocrinol. and Metab. – 2010. – Vol. 95, №4. – P. 1663–1671. doi: 10.1210/jc.2009-2161
5. Bu J. Effects of pregnenolone intervention on the cholinergic system and synaptic protein 1 in aged rats / J. Bu, H. Zu // Int. J. Neurosci. – 2014. – Vol. 124, №2. – P. 117–124. doi: 10.3109/00207454.2013.824437
6. Yamate S. Effects of glucocorticoid on brain acetylcholinesterase of developing chick embryos / S. Yamate, H. Nishigori, S. Kishimoto // J. Obstet. Gynaecol. Res. – 2010. – Vol. 36, №1. – P. 11–18. doi: 10.1111/j.1447-0756.2009.01091.x
7. Braun S. Long-term treatment with glucocorticoids increases synthesis and stability of junctional acetylcholine receptors on innervated cultured human muscle / S. Braun, V. Askanas, W. K. Engel // J. Neurochem. – 1993. – Vol. 60. – P. 1929–1935. doi: 10.1111/j.1471-4159.1993.tb13422.x
8. Агафонов Б. В. К механизму развития нервно-мышечных расстройств при болезни Иценко-Кушинга / Б. В. Агафонов, Т. С. Лагутина, А. Ф. Деянова // Проблемы эндокринологии. – 1982. – №6. – С. 22–26.
9. Неретин В. Я. О генезе неврологических изменений при болезни Иценко-Кушинга и синдроме Кушинга / В. Я. Неретин, С. В. Котов, В. А. Сапфинова // В кн. Вопросы эндокринологии: Республиканский сборник научных работ. – М., 1983. – С. 35–39.
10. Камалиев Р. Р. Воздействие гидрокортизона, АТФ и аденозина на скелетную мышцу крысы / Р. Р. Камалиев, С. Н. Гришин, Ж. Ю. Фалу // Казанский медицинский журнал. – 2009. – Т. 90, № 4. – С. 556–559.
11. Ziganshin A. U. Interaction of hydrocortisone with ATP and adenosine on nervemediated contractions of frog skeletal muscle / A. U. Ziganshin, R. R. Kamaliev, S. N. Grishin et. al. // Eur. J. Pharmacol. – 2009. – Vol. 607. – P. 54–59. doi: 0.1016/j.ejphar.2009.02.028
12. Ebrahimi M. Effect of vitamins B1, B6, and B12 (Neurobion) on Diisopropylfluorophosphate-induced Delayed Neuropathy in Mice / M. Ebrahimi, M. J. Khoushnoud, Zia-M. Behbahani // Iran J. Pharm. Res. – 2018. – Vol. 17, №3. – P. 1116–1124.
13. Grishin S. N. The influence of glucocorticoids and catecholamines on the neuromuscular transmission / S. N. Grishin, A. U. Ziganshin, A. I. Gabdrakhmanov // Biochemistry (Moscow) Supplement. Series A: Membrane and Cell Biology. – 2017. – V. 11, №4. – P. 253–260. doi: 10.1134/s1990747817040043
14. Агафонов Б. В. Мышечные поражения при гиперкортицизме / Б. В. Агафонов, А. П. Калинин, В. П. Можеренков // Казанский медицинский журнал. – 1984. – №5. – С. 377–379.
15. Miyakoshi N. Effects of a vitamin D analog, alfacalcidol, on bone and skeletal muscle in glucocorticoid-treated rats / N. Miyakoshi, H. Sasaki, Y. Kasukawa // Biomed. Res. – 2010. – Vol. 31, № 6. – P. 329–336. doi: 10.2220/biomedres.31.329
16. Башкова И. Б. Принципы ведения пациентов с глюкокортикоидным остеопорозом / И. Б. Башкова, И. В. Мадянов // Российский медицинский журнал (РМЖ). – 2018. – №12(II). – С. 99–102.
17. Шиманський І. О. Молекулярно-клітинні механізми захисної дії вітаміну D3 при експериментальному преднізолон-індукованому остеопорозі / І. О. Шиманський, О. О. Лісаковська, М. М. Великий // Біль. Суглоби. Хребет. – 2017. – Т. 7, №3. – С. 93–101.
18. Салухов В. В. Костные и внескостные эффекты витамина D, а также возможности медикаментозной коррекции его дефицита / В. В. Салухов, Е. А. Ковалевская, В. В. Курбанова // Медицинский совет. – 2018. – №4. – С. 90–99. doi: 10.21518/2079-701X-2018-4-90-99

19. Ceglia L. Vitamin D and its role in skeletal muscle / L. Ceglia // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* – 2009. – Vol. 12, №6. – P. 628–633. doi: 10.1097/mco.0b013e328331c707
20. Bikle D. D. Extraskeletal actions of vitamin D / D. D. Bikle // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* – 2016. – Vol. 1376, №1. – P. 29–52. doi: 10.1111/nyas.13219
21. Крюкова И. В. Возможности альфакальцидола в профилактике и лечении различных форм остеопороза / И. В. Крюкова // *Российский медицинский журнал (РМЖ).* – 2016. – Т. 20 – С. 1359–1363.
22. Schakman O. Mechanisms of glucocorticoid-induced myopathy / O. Schakman, H. Gilson, J. P. Thissen // *J. Endocrinol.* – 2008. – Vol. 197, №1. – P. 1–10. doi: 10.1677/joe-07-0606
23. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / Под ред. А. Н. Миронова, Н. Д. Бунатян – Москва: Минздрав РФ, ЗАО «Гриф и К», 2012. – 944 с.
24. Соболев В. И. Влияние тироксина на проявление эффектов дексаметазона на параметры М-ответа скелетной мышцы белых крыс / В. И. Соболев, В. В. Труш // *Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова.* – 2013. – Т. 99, №9. – С. 1067–1076.
25. Труш В. В. Влияние длительного применения дексаметазона на электрофизиологические параметры скелетной мышцы крыс в покое и при развитии утомления / В. В. Труш, В. И. Соболев // *Экспериментальная и клиническая фармакология.* – 2018. – Т. 81, №5. – С. 21–26. doi: 10.30906/0869-2092-2018-81-5-21-26
26. Гехт Б. М. Теоретическая и клиническая электромиография / Б. М. Гехт. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1990. – 228 с.
27. Li N. Efficacy and safety of alfacalcidol in Chinese postmenopausal women aged over 65 with osteoporosis or osteopenia: An open label, non-comparative, post marketing observational study / N. Li, Y. Jiang, S. et. al. // *Medicine (Baltimore).* – 2018. – Vol. 97, №47. – P.e13159. doi: 10.1097/MD.00000000000013159
28. Capatina C. Administration of Alphacalcidol is Associated with More Significant Improvement of Muscular Performance in Women with Vitamin D Deficiency Compared to Native Vitamin D / C. Capatina, A. Caragheorghopol, M. Berteanu et. al. // *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.* – 2016. – Vol. 124, №8. – P. 461–465. doi: 10.1055/s-0042-103932
29. Koves T. R. PPAR γ coactivator 1- α contributes to exercise-induced regulation of intramuscular lipid droplet programming in mice and humans / T. R. Koves, L. M. Sparks, J. P. Kovalik et. al. // *J. Lipid Res.* Feb. – 2013. – Vol. 54, №2. – P. 522–534. doi: 10.1194/jlr.p028910
30. Park S. Vitamin D deficiency impairs glucosestimulated insulin secretion and increases insulin resistance by reducing PPAR- γ expression in nonobese Type 2 diabetic rats / S. Park, D. S. Kim, S. Kang // *J. Nutr. Biochem.* – 2016. – Vol. 27. – P. 257–265. doi: 10.1016/j.jnutbio.2015.09.013
31. Rastegar H. Vitamin D increases PPAR γ expression and promotes beneficial effects of physical activity in metabolic syndrome / H. Rastegar, A. Damirchi, P. Babaei // *Nutrition.* – 2017. – Vol. 36(54–5919). – P. 173–182. doi: 10.1016/j.nut.2016.06.010
32. Kasukawa Y. Effects of alfacalcidol on muscle strength, muscle fatigue, and bone mineral density in normal and ovariectomized rats / Y. Kasukawa, N. Miyakoshi, S. Maekawa // *Biomed. Res.* – 2010. – Vol. 31, №5. – P. 273–279. doi: 10.2220/biomedres.31.273
33. Close G. L. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and Healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function / G. L. Close, J. Russell, J. N. Cobley // *J. Sports Sci.* – 2013. – Vol. 31. – P. 344–353. doi: 10.1080/02640414.2012.733822
34. Stockton K. A. Effect of vitamin D supplementation on muscle strength: a systematic review and meta-analysis / K. A. Stockton, K. Mengersen, J. D. Paratz // *Osteoporos. Int.* – 2011. – Vol. 22. – P. 859–871. doi: 10.1007/s00198-010-1407-y
35. Kinoshita Y. Vitamin D insufficiency underlies unexpected hypocalcemia following high dose glucocorticoid therapy / Y. Kinoshita, K. Masuoka, S. Miyakoshi // *Bone.* – 2008. – Vol. 42, №1. – P. 226–228. doi: 10.1016/j.bone.2007.09.042

**MODULATION BY ALPHACALCIDOL OF SOME
ELECTROPHYSIOLOGICAL MANIFESTATIONS OF STEROID MYOPATHY
IN MODEL EXPERIMENTS ON ANIMALS**

Trush V. V.¹, Sobolev V. I.²

¹*Donetsk national university, Donetsk, Ukraine,*

²*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Yalta, Republic of Crimea, Russia*

E-mail: ver.trush@yandex.ru

The aim of the research was to study the effectiveness of alfacalcidol (ALF, 0,06 µg/kg/day) in compensating of the electrophysiological manifestations of steroid myopathy, induced by prolonged administration of dexamethasone (DM, 0,25 mg/kg/2 days, treated for 30 days) in model experiments on rats.

Method. The experiments were performed on sexually mature female rats (195–205 g), divided into four groups: control (n=10, C-group), first experimental (n=10, treated dexamethasone, DM-group), second experimental (n=10, treated dexamethasone in combination with alfacalcidol, DM+ALF-group) and third experimental (n=10, treated alfacalcidol, ALF-group). The medicines were administered in doses, adequate to the therapeutic for humans for 30 days: dexamethasone (KRKA, Slovenia) – once every 2 days, i.p. at a dose of 0,25 mg/kg, alfacalcidol (trademark “Alpha D3-Teva”, Catalent Germany Eberbach GmbH, Germany) – daily, orally, at a dose of 0,06 µg/kg. On anesthetized animals (sodium thiopental, 100 mg/kg) a series of M-responses of the tibialis anterior muscle was recorded using the stimulation electromyography method under different modes of stimulation of the fibular nerve with a suprathreshold electric current.

Results. The combined administration of DM and ALF prevented a pathologically significant facilitation of synaptic transmission, which is typical on the background of the reduced amplitude of the 1st M-response in the series (versus to control, $p < 0,05$) for 50 % of individuals of the DM-group at the optimal stimulation frequency of the fibular nerve (30 imp/s). In addition, the degree of post-tetanic facilitation in the DM+ALF-group did not differ significantly from the control, while in the DM-group it significantly exceeded of the control value ($p < 0,01$). These facts indirectly indicate in a favor of the absence in the DM+ALF-group of the initial blocking of synapses, typical for the DM-group.

ALF, administered in combination with DM, partially weakened the increased fatigue of muscle fibers, caused by prolonged DM-administration. This is evidenced by the fact that the degree of decrease in the amplitude of the M-responses relative to the 1st in the series during the performance of high-frequency fatigable work by the muscle (frequency – 70 imp/s, external load – 70 g) in DM+ALF-group was comparable to control, while in the DM-group it exceeded the control values ($p < 0,05$).

At the same time, in 30 % of individuals of the DM+ALF-group pathologically significant depression of synaptic transmission was found during stimulation of the neuromuscular apparatus (NMA) with an optimal frequency (30 imp/s), which indicates in a favor of the preservation of postsynaptic disorders. In addition, in the DM+ALF-group, like the DM-group, a more pronounced decrease compared to the control ($p < 0,05$) of the

amplitude of M-responses concerning to that of the 1st in the series (by 43-42 % versus an insignificant decrease in 4 % in the control) at high stimulation frequency (70 imp/s) of the NMA was persisted. This fact indicates in a favor of the preservation of reduced lability of synapses in DM+ALF-group.

Finally, the administration of ALF in combination with DM, although it prevented before fatigable work the appearance of a pathologically significant decrement in the amplitude of M-responses at a low frequency of nerve stimulation (4 imp/s), which is typical for the DM-group, but in 30 % of individuals of the DM+ALF-group after fatigue a pathologically significant decrement of the amplitude of the M-response was still recorded, which testifies in a favor of a lower, in comparison with control, reliability and, possibly, higher fatigue of synapses.

Conclusion. ALF, administered in combination with DM, prevented the initial blockage of synapses and deterioration of muscle resistance to fatigue, typical for the DM-group, but could not completely prevent a decrease in the reliability of synaptic transmission and the development of postsynaptic disorders. At the same time, the partial positive effects of ALF in compensation of the negative effect of long-term DM-administration on the state of the synaptic link make it possible to consider it as one of the possible means for weakening of steroid myopathy.

Keywords: skeletal muscle; dexamethasone; iatrogenic hypercorticism; steroid myopathy; alfalcidol.

References

1. Komerdu I. V., Budul N. A., Chekanova A. V. Sistemnoye deystviye glyukokortikoidnykh preparatov: v pomoshch' vrachu obshchey praktiki (obzor literatury) (Systemic effects of glucocorticoid: a guide for the General practitioner (literature review), *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal (Russian medical journal, RMJ)*. **1**, 45 (2017).
2. Sakai H., Kimura M., Tsukimura Y., Yabe S., Isa Y., Kai Y., Sato F., Kon R., Ikarashi N., Narita M., Chiba Y., Kamei J. Dexamethasone exacerbates cisplatin-induced muscle atrophy, *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* **46**, 19 (2019). doi: 10.1111/1440-1681.13024
3. Shin K., Ko Y. G., Jeong J., Kwon H. Fbxw7 β is an inducing mediator of dexamethasone-induced skeletal muscle atrophy in vivo with the axis of Fbxw7 β -myogenin-atrogenes, *Mol. Biol. Rep.* **45(4)**, 625 (2018). doi: 10.1007/s11033-018-4185-9
4. Minetto M. A., Botter A., Lanfranco F., Baldi M., Ghigo E., Arvat E. Muscle fiber conduction slowing and decreased levels of circulating muscle proteins after short-term dexamethasone administration in healthy subjects, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism.* **95(4)**, 1663 (2020). doi: 10.1210/je.2009-2161
5. Bu J., Zu H. Effects of pregnenolone intervention on the cholinergic system and synaptic protein 1 in aged rats, *Int. J. Neurosci.* **124 (2)**, 117 (2014). doi: 10.3109/00207454.2013.824437
6. Yamate S., Nishigori H., Kishimoto S., Tezuka Y., Fukushima A., Sugiyama T., Nishigori H. Effects of glucocorticoid on brain acetylcholinesterase of developing chick embryos, *J. Obstet. Gynaecol. Res.* **36(1)**, 11 (2010). doi: 10.1111/j.1447-0756.2009.01091.
7. Braun S., Askanas V., Engel W. K., Ibrahim E. N. Long-term treatment with glucocorticoids increases synthesis and stability of junctional acetylcholine receptors on innervated cultured human muscle, *J. Neurochem.* **60(5)**, 1929 (1993). doi: 10.1111/j.1471-4159.1993.tb13422.x
8. Agafonov B. V., Lagutina T. S., Deyanova A. F. K mekhanizmu razvitiya nervno-myshechnykh rasstroystv pri bolezni Itsenko-Kushinga (About the mechanism of development of neuromuscular disorders at Itsenko-Cushing's disease), *Problemy endokrinologii (Endocrinology problems)*. **28(6)**, 22 (1982). (In Russian)

9. Neretin V. Ya., Kotov S. V., Sapirova V. A. O geneze neurologicheskikh izmeneniy pri bolezni Itsenko-Kushinga i sindrome Kushinga (On the genesis of neurological changes at Itsenko-Cushing's disease and Cushing's syndrome), In: *V kn. Voprosy endokrinologii: Respublikanskiy sbornik nauchnykh rabot (Endocrinology issues: Republican digest of treatises)*. **35** (Moscow, 1983).
10. Kamaliev R. R., Grishin S. N., Falou Zh. Yu., Ziganshin A. U. The effect of hydrocortisone, ATP and adenosine on rat skeletal muscle contraction, *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal (Kazan Medical Journal)*. **90(4)**, 556 (2009).
11. Ziganshin A. U., Kamaliev R. R., Grishin S. N., Ziganshin B. A., Burnstock G. Interaction of hydrocortisone with ATP and adenosine on nervemediated contractions of frog skeletal muscle, *Eur. J. Pharmacol.* **607 (1-3)**, 54 (209). doi: 0.1016/j.ejphar.2009.02.028
12. Ebrahimi M., Khoushroud M. J., Zia-Behbahani M. Effect of vitamins B1, B6, and B12 (Neurobion) on Diisopropylfluorophosphate-induced Delayed Neuropathy in Mice, *Iran J. Pharm. Res.* **17(3)**, 1116 (2018).
13. Grishin S. N., Ziganshin A. U., Gabdrakhmanov A. I., Khairullin A. E. The influence of glucocorticoids and catecholamines on the neuromuscular transmission, *Biochemistry (Moscow) Supplement. Series A: Membrane and Cell Biology*. **11(4)**, 253 (2017). doi: 10.1134/s1990747817040043
14. Agafonov B. V., Kalinin A. P., Mozherenkov V. P. Myshechnyye porazheniya pri giperkortitsizme (Muscle defeat at hypercortisolism), *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal (Kazan Medical Journal)*. **65 (5)**, 377 (1984).
15. Miyakoshi N., Sasaki H., Kasukawa Yu., Kamo K., Shimada Yo. Effects of a vitamin D analog, alfacalcidol, on bone and skeletal muscle in glucocorticoid-treated rats, *Biomed Res.* **31(6)**, 329 (2010). doi: 10.2220/biomedres.31.329
16. Bashkova I. B., Madyanov I. V. Printsipy vedeniya patsiyentov s glyukokortikoidnym osteoporozom (Principles of management of patients with glucocorticoid osteoporosis), *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal (Russian medical journal, RMJ)*. **12**, 99 (2018).
17. Shimans'kij I. O., Lisakov'ska O. O., Velikij M. M. Molekulyarno-kletochnyye mekhanizmy zashchitnogo deystviya vitamina D3 pri eksperimental'nom prednizolon-indutsirovannom osteoporoze (Molecular cell mechanisms of the protective action of vitamin D3 in experimental prednisolone-induced osteoporosis), *Bil'. Suglobi. Hrebet (Pain. Joints. Spine)*. **7(3)**, 93 (2017).
18. Salukhov V. V., Kovalevskaya E. A., Kurbanova V. V. Kostnyye i vnekostnyye efekty vitamina D, a takzhe vozmozhnosti medikamentoznoy korrektsii yego defitsita (Osteal and extraosteal effects of vitamin D and its opportunities of medication correction of its deficiency), *Meditsinskiy sovet (Medical Council)*. **4**, 90 (2018). doi: 10.21518/2079-701X-2018-4-90-99.
19. Ceglia L. Vitamin D and its role in skeletal muscle, *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* **12(6)**, 628 (2009). doi: 10.1097/mco.0b013e328331c707
20. Bikle D. D. Extraskeletal actions of vitamin D, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **1376(1)**, 29 (2016). doi: 10.1111/nyas.13219
21. Kryukova I. V. Vozmozhnosti al'fakal'tsidola v profilaktike i lechenii razlichnykh form osteoporoza (Alfacalcidol for the prevention and treatment of osteoporosis), *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal (Russian medical journal, RMJ)*. **20**, 1359 (2016).
22. Schakman O., Gilson H., Thissen J. P. Mechanisms of glucocorticoid-induced myopathy, *J. Endocrinology.* **197(1)**, 1 (2008). doi: 10.1677/joe-07-0606
23. *Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv (Guidelines for conducting preclinical studies of medicines)*, A. N. Mironova, N. D. Bunatyan, eds. Moscow: Minzdrav RF, ZAO «Grif i K», 2012, 944 p.
24. Sobolev V. I., Trush V. V. Influence of thyroxine on display of dexamethasone's effects on M-response's parameters of skeletal muscle of white rats, *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova (formerly I.M. Sechenov Physiological Journal)*, **99(9)**, 1067 (2013).
25. Trush V. V., Sobolev V. I. Influence of long dexamethasone administration on electrophysiological parameters of the rat skeletal muscle at rest and exhaustion development, *Ekspierimental'naya i klinicheskaya farmakologiya (Experimental and clinical pharmacology)*. **81(5)**, 21 (2018). doi: 10.30906/0869-2092-2018-81-5-21-26.
26. Geht B. M. *Teoreticheskaya i klinicheskaya elektromiografiya (Theoretical and clinical electromyography)*. 228 p. (Leningrad: Nauka, 1990).

27. Li N., Jiang Y., He S., Zhao Z., Sun J., Li M., Wang O., Xing X., Xia W. Efficacy and safety of alfacalcidol in Chinese postmenopausal women aged over 65 with osteoporosis or osteopenia: An open label, non-comparative, post marketing observational study, *Medicine (Baltimore)*. **97(47)**: e13159 (2018). doi: 10.1097/MD.00000000000013159
28. Capatina C., Caragheorgheopol A., Berteanu M., Poiana C. Short-term Administration of Alphacalcidol is Associated with More Significant Improvement of Muscular Performance in Women with Vitamin D Deficiency Compared to Native Vitamin D., *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*. **124(8)**, 461 (2016). doi: 10.1055/s-0042-103932
29. Koves T. R., Sparks L. M., Kovalik J. P., Mosedale M., Arumugam R., DeBalsi K. L., Everingham K., Thorne L., Phielix E., Meex R. C., Kien C. L., Hesselink M. K. C., Schrauwen P., Muoio D. M. PPAR γ coactivator 1- α contributes to exercise-induced regulation of intramuscular lipid droplet programming in mice and humans, *J. Lipid Res. Feb.* **54(2)**, 522 (2013). doi: 10.1194/jlr.p028910
30. Park S., Kim D. S., Kang S. Vitamin D deficiency impairs glucosestimulated insulin secretion and increases insulin resistance by reducing PPAR- γ expression in nonobese Type 2 diabetic rats, *J. Nutr. Biochem.* **27**, 257 (2016). doi: 10.1016/j.jnutbio.2015.09.013
31. Rastegar H., Damirchi A., Babaei P. Vitamin D increases PPAR γ expression and promotes beneficial effects of physical activity in metabolic syndrome, *Nutrition*. **36**, 54 (2017). doi: 10.1016/j.nut.2016.06.010
32. Kasukawa Y., Miyakoshi N., Maekawa S., Nozaka K., Noguchi H., Shimada Y. Effects of alfacalcidol on muscle strength, muscle fatigue, and bone mineral density in normal and ovariectomized rats, *Biomed. Res.* **31 (5)**, 273 (2010). doi: 10.2220/biomedres.31.273
33. Close G. L., Russell J., Copley J. N., Owens D. J., Wilson G., Gregson W., Fraser W. D., Morton J. P. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and Healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function, *J. Sports Sci.* **31(4)**, 344 (2013). doi: 10.1080/02640414.2012.733822
34. Stockton K. A., Mengersen K., Paratz J.D., Kandiah D., Bennell K.L. Effect of vitamin D supplementation on muscle strength: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos, Int.* **22**, 859 (2011).
35. Kinoshita Y., Masuoka K., Miyakoshi S., Taniguchi S., Takeuchi Y. Vitamin D insufficiency underlies unexpected hypocalcemia following high dose glucocorticoid therapy, *Bone*, **42(1)**, 226 (2008).

УДК 615.874

РЕАКЦИЯ АУТОФАГИИ ПРИ ПОЛНОЙ ПИЩЕВОЙ ДЕПРИВАЦИИ У ЧЕЛОВЕКА

Тхакушинов И. А., Лысенков С. П.

*Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия
E-mail: ubrawka@mail.ru*

В работе исследовали активность аутофагии у мужчин (8 человек) и женщин (20 человек) разного возраста (17–64 года) в условиях проведения оздоровительного курса при полной пищевой депривации (ПД) продолжительностью от 3 до 12 дней с неограниченным доступом к воде. Маркером аутофагии служил уровень белка беклина-1 (Beclin-1), определяемого иммуноферментным методом. Исходный уровень беклина-1 отличался высокой вариабельностью концентрации в плазме крови. Наиболее показательна реакция аутофагии проявлялась у лиц старше 60 лет увеличением концентрации маркера ($p < 0,04$). Гендерных различий выявлено не было. Активность процесса имела определенную периодичность, характеризующуюся снижением активности ниже исходного уровня в первые и на 7–10 сутки голодания и повышением активности на 4–6 и на 11–12 сутки. У лиц с активацией аутофагии выявлена достоверная отрицательная корреляционная связь с индексом массы тела.

Ключевые слова: пищевая депривация, аутофагия, Beclin-1, гендерные особенности, возраст.

ВВЕДЕНИЕ

После открытия основных механизмов аутофагии обоснованно возрос интерес к этому процессу [1]. Оказалось, что аутофагия, как основной механизм поддержания внутриклеточного гомеостаза, может нарушаться, способствуя формированию и течению различных заболеваний [2]. Основной задачей в данной проблеме является эффективный поиск путей регулирования аутофагии у человека. На заре исследования механизмов аутофагии было замечено, что этот процесс значительно активируется при недостатке энергетических субстратов. Следует отметить, что эти первые данные были получены на плесневых грибах. В последующем была показана положительная роль интервального голодания на течение сахарного диабета 2-го типа в экспериментах на животных [3]. Терапевтический эффект многие авторы связывали с активацией аутофагии. Полученные данные были автоматически экстраполированы на людей. Эти обнадеживающие результаты послужили основанием для появления различных ограничительных по калорийности диет. Однако, целенаправленных исследований активности аутофагии в условиях ограничения калорийности питания (ОКП) практически не проводилось. Актуальность такого исследования очевидна еще и потому, что Россия является одним из пионеров применения лечебного голодания в лечении больных с различной патологией [4].

Целью данного исследования явилось изучение активности аутофагии у лиц разного возраста и пола, находящихся в условиях полной пищевой депривации (ПД) различной продолжительности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на 31 обследованном (8 мужчинах и 20 женщинах) в возрасте от 17 до 64 лет. Все участники исследования проходили профилактический оздоровительный курс на базе клиники ООО «Центр здоровье» в г. Майкопе. Определение показателей состава тела (мышечной массы – М. М., тощей массы – Т. М., жировой массы – Ж. М., общей воды тела – ОБТ, внеклеточной воды – Внеч. В., внутриклеточной воды – Внут. В.) проводили импедансометрическим способом на аппарате Medi Ld (France) с помощью программного обеспечения EIS-ESTECK (США). Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался по коэффициенту Кетле: отношение массы тела (кг) к росту (m^2). Активность процессов аутофагии оценивали по уровню белка Beclin-1 (беклин-1). Концентрацию беклина-1 определяли методом ИФА на аппарате «CLARIOstarplus» BMG LABTECH (Germany) при помощи тест-наборов «Cloud-Clone Corp» (USA). Концентрация маркера выражалась в пг/мл. Для характеристики активности аутофагии был введен показатель «дельта-беклин-1» – разница между исходным уровнем и после ПД, выраженный в процентах. Забор крови осуществляли утром натощак при поступлении в оздоровительный центр и на 12-й день пребывания. Продолжительность полной пищевой депривации (ПД) составила от 3-х до 12 суток с последующим переходом на гипокалорийное питание (800-1200 ккал/сутки). В связи с высокой вариабельностью концентрации беклина-1, для характеристики выборки был использован межперцентильный интервал 5 %–95 %. Обследуемые были разделены на 2 возрастные группы: молодой + средний возраст до 60 лет (n=22) и пожилой возраст от 61 до 75 лет (n=6). Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской Декларации и с письменного информированного согласия всех участников эксперимента.

Анализ цифровых данных проводился с использованием программного обеспечения IBM SPSSStatistics (26.0). Для характеристики статистического ряда использовалась процентиля 5%–95 % с вычислением среднего значения, ошибки средней. Для сравнения средних значений использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни, параметрический t-критерий Стьюдента. В целях выявления связей между исследуемыми параметрами использовался корреляционный анализ Пирсона. Связь считалась достоверной при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуя уровень беклина-1 в исходном состоянии, мы получили результаты, подтверждающие наличие высокой вариабельности используемого маркера. Так, минимальные и максимальные значения составили соответственно 1,14 пг/мл и 561,16 пг/мл. В связи с этим дальнейший анализ полученных результатов проводился с использованием межперцентильного интервала 5%–95 %.

Как показал анализ полученных результатов (табл. 1) как во всей группе, так и у в группах мужчин и женщин вне зависимости от возраста отмечена тенденция к росту уровня беклина-1 после ОКП.

Таблица 1
Показатели беклина-1 в различных группах до- и после пищевой депривации (ПД) (межперцентильный интервал 5%-95 %)

Группы	Воз.	Концентрация беклина-1, пг/мл			Достоверность, P
		М _{ср.}	Медиана	СОС	
1. До ПД (n=28)	все	50,0	27,0	10,8	P ₁₋₂ <0,1
2. После ПД (n=28)		71,0	58,5	8,4	
3. До ПД (n=22)	<60 лет	57,1	29,1	13,3	P ₃₋₄ <0,2 P ₄₋₆ <0,1
4. После ПД (n=22)		77,5	64,5	10,0	
5. До ПД (n=6)	>60 лет	22,1	18,8	5,6	P ₅₋₃ <0,2 P ₅₋₆ <0,04
6. После ПД (n=6)		47,1	38,8	9,0	
7. Мужчины до ПД (n=8)	все	33,5	21,0	15,7	P ₇₋₈ <0,1 P ₇₋₉ <0,3
8. Мужчины после ПД (n=8)		64,7	56,0	12,3	
9. Женщины до ПД (n=20)	все	56,1	33,4	13,7	P ₉₋₁₀ <0,3 P ₈₋₁₀ <0,6
10. Женщины после ПД (n=20)		73,5	58,5	10,8	
11. Отрицательная дельта (n=11)	все	-20,4	-14,0	4,6	P ₁₁₋₁₂ <0,003
Положительная дельта (n=17)		262,8	172,0	67,7	

Примечание: Воз. – возраст; СОС – среднеквадратичная ошибка средних.

При выявлении возрастных особенностей были получены данные о более выраженной реакции аутофагии у лиц старше 60 лет. В этой группе концентрация беклина-1 достоверно ($p < 0,04$) увеличивалась после ОКП. Корреляционный анализ (табл. 2) между уровнем беклина-1 и морфометрическими параметрами показал отсутствие достоверной связи как до- так и после ОКП. Отсутствие явных различий в концентрации маркера по гендерному принципу заставило нас проанализировать другой показатель, а именно «дельта-беклин-1» – разницу концентрации после ОКП и концентрации в исходном состоянии, выраженную в процентах к исходному показателю. Оказалось, что из 28 обследованных у 17 из них концентрация беклина возрастала (положительная дельта), а у 11 человек она определялась ниже исходного значения (отрицательная дельта). Различия между этими показателями

оказались высоко достоверными ($p < 0,003$). Такое распределение исследуемой группы на подгруппы позволил установить наличие отрицательной корреляционной связи ($r = -0,4$; $p < 0,05$) между индексом массы тела (ИМТ) и дельтой – беклина-1 у лиц с положительной дельтой (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционный анализ в зависимости от направленности изменений (дельты) концентрации Beclin-1 (+/-) и дельтой исследуемых морфофизиологическими параметрами после проведения ПД

Исследуемые группы	Коэффициент корреляции							
	Состав тела после КОП							
	Вес	ИМТ	М.М.	Т.М.	Ж.М.	ОВТ	Внек. В.	Внут. В.
Положительная дельта (n=17)	-0,3	-0,4*	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	0,003	-0,1
Отрицательная дельта (n=11)	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,3	-0,1	-0,2	0,1

Примечание: *достоверность – $p < 0,05$; ИМТ – индекс массы тела; М. М. – мышечная масса, Т. М. – тощая масса, Ж. М. – жировая масса, ОВТ – общая вода тела, Внек. В. – внеклеточная вода, Внут. В. – внутриклеточная вода.

Это означает, что степень активации аутофагии находилась в обратной зависимости от массы тела. При этом не было выявлено за счет какого конкретного компонента состава тела определялась корреляционная взаимосвязь. У лиц с отрицательной дельтой такая связь не достигала достоверных значений. Кроме того, исходные показатели концентрации беклина-1 не коррелировали ни с одним из исследуемых параметров тела.

Если представить полученные данные по дельте – беклина-1 (рис.), в виде графика, то можно отметить два периода, характеризующиеся значительным увеличением активности аутофагии.

Первый временной период активности аутофагии отмечен у голодавших 4–6 суток, а второй период отмечен у голодавших 11–12 суток. Интересно, что наряду с активацией процесса аутофагии отмечены периоды снижения активности аутофагии у голодавших до 3-х суток и голодавших 9–10 суток. Как видно из графика, значения дельта-беклина-1 принимали даже отрицательные значения.

Здесь уместно подчеркнуть следующий момент: обследованные находились на лечебном голодании различные сроки (от 3 до 12 суток) с последующим переходом на гипокалорийное питание. Забор крови осуществлялся утром в первый день курса лечебного голодания и на 12 сутки пребывания в оздоровительном центре. Фактически мы регистрировали остаточные эффекты аутофагии на 12 сутки при различных сроках голодания. Конечно, интереснее было бы определять

концентрацию маркера ежедневно, что повысило бы объективность и дало ответ на оптимальную продолжительность голодания. Из этических соображений (ежедневная пункция вены) такое исследование провести было затруднительно, но и полученные факты позволили сделать ряд важных заключений.

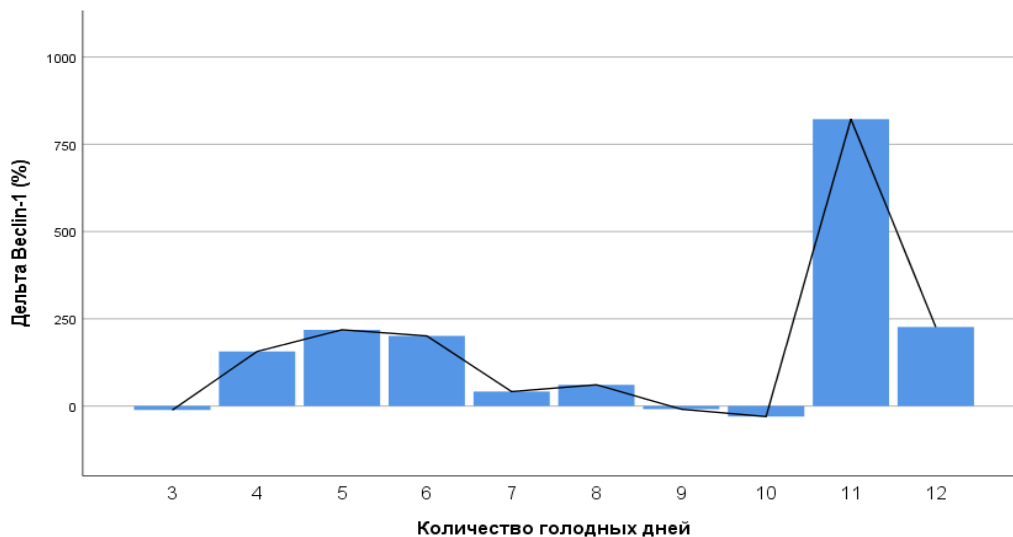


Рис. 1. Усредненная диаграмма показателей дельта-беклина-1 в зависимости от количества «голодных» дней.

Можно предположить, что в начальном периоде голодания (3 суток) организм испытывает «голодный» стресс с торможением процесса аутофагии. Этот период совпадает с I-ой стадией «пищевого возбуждения» [5]. При отсутствии поступления калорий и для обеспечения энергией собственного организма процесс аутофагии активизируется особенно на 4–6 сутки (стадия «нарастающего кетоацидоза»). Спустя это время (4–6 суток). С переходом на эндогенное питание, процесс аутофагии замедляется и даже становится менее интенсивным, чем до начала исследования. Если пациенты продолжали голодать, то аутофагия вновь активировалась (11–12 сутки) в большинстве случаев превосходя исходный уровень (III-стадия «компенсированного кетоацидоза»).

Закономерности, выявляемые при анализе активности процесса аутофагии, в определенной мере соответствуют стадиям процесса голодания, описанных А. Н. Кокосовым и его коллегами. При это надо признать, что полученные в день забора крови данные наиболее полно отражают активность аутофагии у пациентов проголодавших 11–12 дней. У проголодавших менее 11–12 дней мы фактически фиксировали отсроченные реакции аутофагии.

Одним из источников появления маркера в крови могла служить жировая масса. В литературе имеются данные о том, что мышцы обладают большими возможностями для активации процесса аутофагии и, соответственно, роста ее

биохимических маркеров [6]. Жировая масса в условиях дефицита энергетических ресурсов по активности не уступает мышечной массе [7].

Анализируя зависимость между потерями жировой массы и степенью активности аутофагии (дельта-беклин-1, %) можно отметить (Рис. 2), что активность возрастает при потере 5–20 % жировой массы. Однако, такая активация не носит закономерного характера.

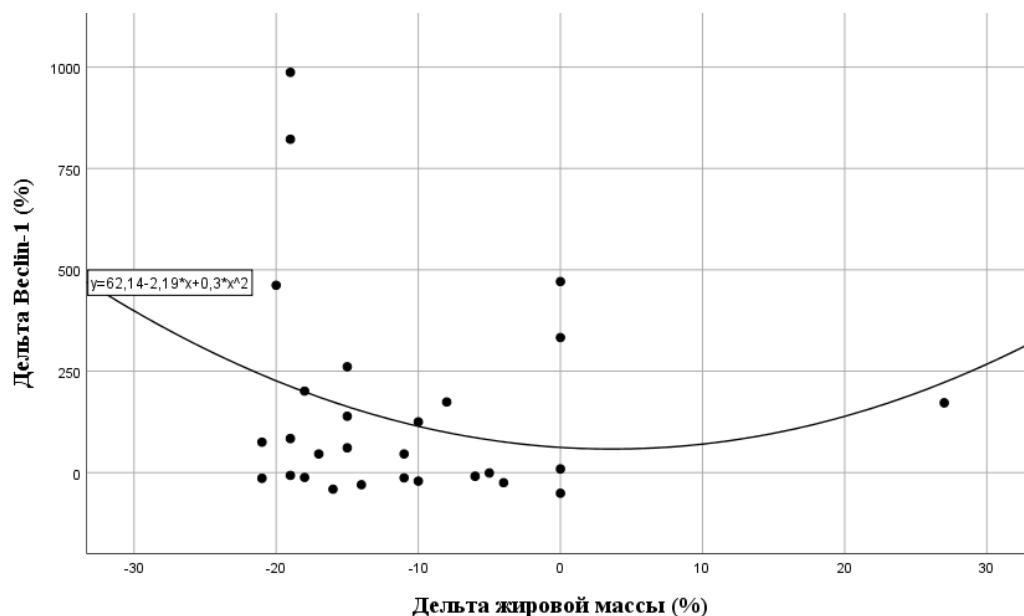


Рис. 2. Диаграмма зависимости дельты беклина-1 и дельты жировой массы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно отметить некоторую периодичность в активности аутофагии при голодании. В первые дни на стадии пищевого возбуждения отмечено снижение активности аутофагии, по всей вероятности как следствие стрессового воздействия голодания. Активация аутофагии после 4–6 суток голодания возможно связана с переходом на эндогенное питание и получении энергии из жира, белков, расщепления гликогена, нарастающим ацидозом. В условиях дефицита углеводов сгорание жиров происходит неполноценно, что сопровождается появлением недоокисленных продуктов жирового обмена. Это может являться стимулом к активации аутофагии. Получение калорий за счет аутофагии, по-видимому, может происходить до какого-то этапа вне зависимости от потери массы тела. Об этом свидетельствует наличие отрицательной корреляционной связи между индексом массы тела и дельта-беклином-1 у лиц с положительными значениями дельты. Однако, продолжающееся накопление кетонных тел, ацетона, ацетоуксусной кислоты, оксимасляной кислоты создают условия для нарастания метаболического

ацидоза. Пик ацидоза («ацидотический криз») в большинстве случаев наступает на 6–7 сутки голодания, который, как видно из рис. 2, напротив-угнетает процесс аутофагии вплоть до 11–12 суток. По всей вероятности, производство и получение калорий из своих энергетических запасов по важности для выживания превосходит аутофагию на данном этапе исследования. Наступление ацидотического криза, по всей вероятности, является мощным триггером к переходу на эндогенное питание. К этому времени функциональные физиологические и биохимические системы поддержания кислотно-основного равновесия: дыхательная, почечная, желудочно-кишечный тракт, кожа, буферные системы крови до определенных моментов компенсируют метаболический ацидоз.

Снижение уровня кетоновых тел, начиная с 7–9-го дня, фиксируемое отдельными авторами, предшествует отмеченному нами второму пику активности аутофагии на 11–12 сутки. К этому моменту активированная секреция в желудке прекращается, а начинается спонтанная секреция, которая сопровождается появлением в желудке и кишечнике белков, ферментов, жиров и углеводов, служащих субстратами для повторного метаболизма и всасывания. К этому времени компенсируются и явления метаболического ацидоза. В поставках эндогенных субстратов принимают участие клетки крови, в частности, макрофаги и нейтрофилы, в которых отмечается усиленный аутолиз [8]. С учетом очень тесного взаимодействия процесса аутофагии и апоптоза, активация аутофагии на 11–12 сутки выглядит объяснимо. Если учесть, что аутофагия – это внутриклеточный процесс, то появление маркеров аутофагии в плазме крови могло несколько запаздывать по времени от момента компенсации метаболического ацидоза.

Однако, следует отметить, что вектор изменений активности беклина-1 может быть разнонаправленным. Так, в данном исследовании, из 28 обследованных, находящихся на голоде и гипокалорийной диете, у 17 человек концентрация беклина-1 повышалась (дельта-беклина-1 положительная), а у 11 человек уменьшалась (дельта-беклина-1 отрицательная). Направленность реакции аутофагии, предположительно, зависит от множества факторов, которые можно выявить только при широкомасштабном исследовании.

Таким образом, реакция аутофагии на полную пищевую депривацию протекает с определённой периодизацией, в большинстве случаев ее можно было оценить как положительную, т.е. с признаками активации. В течение наблюдения (12 дней) выявлялись 2 временных пика активации на 4–6 и на 11–12 сутки голодания. У пациентов, проголодавших 4–6 суток, отмечены признаки сохранившейся активности до конца наблюдения. Потерю жировой массы, которая как закономерность наблюдалась при голодании, следует отнести к независимому фактору по отношению к активности аутофагии. В подтверждение к этому, мы не выявили достоверной связи между показателями дельты беклина-1 и дельты жировой массы ($r = -0,06$; $p > 0,05$). Эти данные несколько не согласуются с данными, полученными на изолированных адипоцитах, взятых от лиц с ожирением [9]. В данных исследованиях было показано, что активность аутофагии более значима в гипертрофированных адипоцитах висцерального жира. В наших исследованиях у меньшей половины обследованных лиц уровень беклина-1 к концу наблюдения

снизился по отношению к исходному. Индивидуальная реакция на пищевую депривацию может быть различной и зависит от многих факторов, включая продолжительность пищевой депривации. В перспективе целесообразно было бы исследовать активность аутофагии на отдельных группах с различными режимами пищевой депривации.

Список литературы

1. Cao W. An overview of autophagy: Mechanism, regulation and research progress./ Cao W., Li J., Yang K., Cao D. // Bulletin du cancer. – 2021. – 108 (3). – P. 304.
2. Kocak M. Targeting autophagy in disease: established and new strategies / Kocak M., Erdi S. E. Jorba G., Maestro I., Farrés J., Kirkin V., Martinez A., Pless O. // Autophagy. – 2021. – P. 1–23.
3. Liu H. Intermittent fasting preserves beta-cell mass in obesity-induced diabetes via the autophagy-lysosome pathway. / Liu H., Javaheri A., Godar R. J., Murphy J., Ma X., Rohatgi N., Mahadevan J., Ныр К., Saftig P., Marshall C., McDaniel M. L., Remedi M. S., Razani B., Urano F., Diwan A. // Autophagy. – 2016. – 13 (11). – P. 1952–1968.
4. Николаев Ю. С. Голодание ради здоровья. / Ю. С. Николаев, Е. И. Нилов, В. Г. Черкасов // Советская Россия. – 1988. – 239 с.
5. Кокосов А. Н. Общие вопросы разгрузочно-диетической терапии. / А. Н. Кокосов // Разгрузочно-диетическая терапия: руководство для врачей. – 2007. – С. 15–28.
6. Brandt N. Exercise and exercise training-induced increase in autophagy markers in human skeletal muscle. / N. Brandt, T. P. Gunnarsson, J. Bangsbo, H. Pilegaard // Physiological Reports. – 2018. – 6 (7)
7. Ferhat M. Autophagy in adipose tissue physiology and pathophysiology / Ferhat M., Funai K., Boudina S. // Antioxidants and redox signaling. – 2019. – 31 (6). – P. 487–501.
8. Zahid K. Role of macrophage autophagy in atherosclerosis: modulation by bioactive compounds. / Zahid K., Sufian H. B., Choudhury M., Yamasaki M., Al-Harrasi A., Moustaid-Moussa N., Rahman S. M. // The biochemical journal. – 2021. – Vol. 478, No. 7. – P. 1359–1375.
9. Kovsky J. Altered autophagy in human adipose tissues in obesity. / Kovsky J., Blüher M., Tarnovscki T., Klötting N., Kirshtein B., Madar L., Shai I., Golan R., Harman-Boehm I., Schön M. R., Greenberg A. S., Elazar Z., Bashan N., Rudich A. // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. – 2010. – 96 (2). – P. 268–277.

AUTOPHAGY RESPONSE IN COMPLETE NUTRITIONAL DEPRIVATION IN HUMANS

Tkhakushinov I. A., Lysenkov S. P.

*Maikop State Technological University, Maikop, Russia
E-mail: u6pawka@mail.ru*

In the work on 28 patients (8 men and 20 women) aged 17 to 64 years, the activity of autophagy was studied under conditions of complete food deprivation (FD) for a duration of 3 to 12 days, followed by a transition to hypo-caloric nutrition (800–1200 kcal/day) without limiting water consumption. Beclin-1 protein (pg/ml) was used as an indicator of autophagy activity. Beclin-1 protein was determined by enzyme immunoassay on a «CLARIOstar PLUS» BMG LABTECH (Germany) using Cloud-Clone Corp (USA) test kits. Blood sampling was carried out in the morning before the start of the fasting course

and on the 12th day. To characterise the statistical series, percentiles of 5%–95 % were used with the calculation of the average value, the error of the mean. For comparison of mean values, the nonparametric Mann-Whitney U-test, parametric Student's t-test, Spearman's correlation coefficient were used, with a significance level of $p < 0.05$.

As studies have shown, regardless of the duration of food deprivation in the entire study group, a tendency to an increase in the concentration of beclin-1 was revealed, but this indicator did not reach the level of significance. A similar situation was noted in persons under 60 years of age without taking into account gender characteristics. In persons over 60 years of age, food deprivation caused a significant increase in the level of beclin-1 ($p < 0.01$) by 2.0 times.

An analysis of the gender characteristics of reactions to FD revealed a more significant increase in the level of beclin-1 in men and less pronounced in women ($p < 0.3$). However, a detailed analysis of the direction of changes in the concentration of beclin-1 from the initial values (in %) showed a multidirectional response of autophagy to FD: of all the subjects, an increase in the concentration of beclin-1 (positive delta-beclin-1) was noted in 17 people, and a decrease in 11 (negative delta-beclin-1). In the negative delta group, no correlations with body components were found. Moreover, a relationship between autophagy activity and fat content has not been established, although it has been established in a number of studies on lipocytes. However, in the group with a positive delta, a negative correlation was found between the delta-beclin-1 index and body mass index ($r = -0.4$; $p < 0.05$).

Establishment of patterns in the activity of autophagy depending on the duration of food deprivation showed a certain temporal periodicity of the activity of the process. Two time periods were established, which were characterised by an increase in autophagy activity in individuals who were starving for 4–6 days and 11–12 days, and a decrease in those who were starving for 1–3 days and 9–10 days.

It can be assumed that autophagy inhibition during the first 3 days may be associated with “hungry” stress (the stage of nutritional arousal). After this period, with the transition of the body to endogenous nutrition (4–6 days), the process of autophagy and the process of “increasing ketoacidosis” are activated in parallel. Ketoacidosis, as is known from the literature, inhibits the process of autophagy, and after the achievement and resolution of the acidotic crisis in fasted 11–12 days, an increase in autophagy activity was noted.

In the future, it would be interesting to obtain information about the duration of the effect of autophagy activation and to establish the causes and factors of inactivation of this process.

Keywords: food deprivation, autophagy, Beclin-1, gender, age.

References

1. Cao W., Li J., Yang K., Cao D. An overview of autophagy: Mechanism, regulation and research progress. *Bulletin du cancer*, **108** (3), 304 (2021).
2. Kocak M., Erdi S. E. Jorba G., Maestro I., Farrés J., Kirkin V., Martinez A., Pless O. Targeting autophagy in disease: established and new strategies, *Autophagy*, 1 (2021).
3. Liu H., Javaheri A., Godar R. J., Murphy J., Ma X., Rohatgi N., Mahadevan J., Hyrc K., Saftig P., Marshall C., McDaniel M. L., Remedi M. S., Razani B., Urano F., Diwan A. Intermittent fasting

- preserves beta-cell mass in obesity-induced diabetes via the autophagy-lysosome pathway, *Autophagy*, **13** (11), 1952 (2016).
4. Nikolaev Yu. S., Nilov E. I., Cherkasov V. G. Starvation for the sake of health, *Soviet Russia*, 239 p. (1988).
 5. Kokosov A. N. General issues of unloading and dietary therapy, *Unloading and dietary therapy: a guide for doctors*, 15 (2007).
 6. Brandt N., Gunnarsson T. P., Bangsbo J., Pilegaard H. Exercise and exercise training-induced increase in autophagy markers in human skeletal muscle, *Physiological Reports*, **6** (7) (2018).
 7. Ferhat M., Funai K., Boudina S. Autophagy in adipose tissue physiology and pathophysiology. *Antioxidants and redox signaling*, **31** (6), 487 (2019).
 8. Zahid K., Sufian H. B., Choudhury M., Yamasaki M., Al-Harrasi A., Moustaid-Moussa N., Rahman S. M. Role of macrophage autophagy in atherosclerosis: modulation by bioactive compounds. *The biochemical journal*, **478** (7), 1359 (2021).
 9. Kovsan J., Blüher M., Tarnovscki T., Klötting N., Kirshstein B., Madar L., Shai I., Golan R., Harman-Boehm I., Schön M. R., Greenberg A. S., Elazar Z., Bashan N., Rudich A. Altered autophagy in human adipose tissues in obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **96** (2), 268 (2010).

УДК 572.51:616-053.82

ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ТЕЛА СТУДЕНТОК В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

Тятенкова Н. Н., Спивак А. С., Брагина А. М., Теплякова О. Н., Уварова Ю. Е.

*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», Ярославль, Россия
E-mail: tyat@bk.ru*

Цель работы: оценка физического развития и компонентного состава тела у девушек-студенток в период пандемии в условиях смешанного и дистанционного обучения. Приведены данные морфометрического и биоимпедансного обследования 326 девушек 17-24 лет, обследованных в 2019 и 2021 годах. Изучены следующие антропометрические показатели: длина тела, масса тела, обхват талии, обхват бедер. Компонентный состав тела оценен методом биоимпедансометрии. Рассчитаны индекс массы тела и индекс отношения обхвата талии к обхвату бедер. Выявлено статистически значимое увеличение массы тела, обхватных размеров, относительного и абсолютного содержания жировой ткани, уменьшение относительного содержания скелетно-мышечной и активной клеточной масс.

Ключевые слова: студентки, физическое развитие, компоненты тела, масса тела, пандемия.

ВВЕДЕНИЕ

Физическое развитие – комплекс морфофункциональных показателей, которые определяют физическую работоспособность и уровень биологического состояния индивидуума в момент исследования. Физическое развитие зависит как от генетических факторов, так и от условий и образа жизни [1].

Привычный уклад жизни людей, в особенности студентов, кардинально изменился в условиях пандемии COVID-19. Карантинные ограничения в передвижении, работа в удаленном режиме, QR-пропускной режим на мероприятия и в общественные места способствовали уменьшению и без того низкой физической активности студенческой молодежи [2].

Пандемия COVID-19 привнесла огромное количество изменений в жизни миллионов людей. На сегодняшний день открытым остается вопрос о долгосрочных последствиях, касающихся не только отдельных людей, но и человечества в целом. В этой связи становится очевидной необходимость проведения регулярного мониторинга показателей здоровья населения разных возрастных групп и разработки мер, направленных на последующее улучшение этих показателей.

В литературе освещен ряд вопросов, касающихся пищевого поведения, психоэмоционального состояния и образа жизни студентов в условиях пандемии [3–5]. Сведения об изменении уровня физического развития единичны [6, 7].

Цель исследования: оценка физического развития и компонентного состава тела у девушек-студенток в период пандемии в условиях смешанного и дистанционного обучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе работы обследовано 326 девушек в возрасте от 17 до 24 лет. Выборка сформирована из студенток, обучающихся на факультете биологии и экологии Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова. Обследование проводили после предварительно взятого информированного согласия в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации. Все измерения проводили дважды – осенью 2019 года (200 человек, средний возраст $21,0 \pm 0,05$ лет) и осенью 2021 года (126 человек, средний возраст $19,4 \pm 0,12$ лет).

Длину тела (ДТ, см) измеряли ростометром РЭП («ТВЕС», Россия), массу тела (МТ, кг) – напольными медицинскими электронными весами ВМЭН-150 («ТВЕС», Россия) по стандартным методикам [8]. Обхват талии (ОТ, см) определяли сантиметровой лентой посередине между нижней границей последнего ребра и гребнем подвздошной кости, обхват бедер (ОБ, см) – на уровне наиболее выступающей части ягодиц [9]. Индекс массы тела (ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$) рассчитывали по формуле $\text{ИМТ} = \text{МТ}/\text{ДТ}^2$. Значения индекса массы тела оценивали следующим образом: дефицит массы тела – менее $18,5 \text{ кг}/\text{м}^2$, нормальная масса тела – $18,5\text{--}24,9 \text{ кг}/\text{м}^2$, избыточная масса тела – $25,0\text{--}29,9 \text{ кг}/\text{м}^2$, ожирение – более $30,0 \text{ кг}/\text{м}^2$. Индекс талия-бедра (ОТ/ОБ) находили как отношение обхвата талии к обхвату бедер. При значении индекса $<0,8$ тип распределения жировой ткани принимали как гиноидный, $0,8\text{--}0,85$ – промежуточный, $>0,85$ – андройдный.

Компонентный состав тела оценивали методом биоимпедансометрии с использованием анализатора состава тела АВС-01 «Медасс» («МЕДАСС», Россия). Измерение проводили по стандартной тетраполярной схеме – по два электрода на руке и на ноге на правой стороне тела у испытуемого в положении лежа [9]. В работе использовали одноразовые пленочные электроды Seracarta (Италия). Проанализированы следующие показатели: абсолютная жировая масса (ЖМ, кг), относительная жировая масса в составе общей массы тела (ЖМ, %), тощая масса (ТМ, кг), абсолютная активная клеточная масса (АКМ, кг), относительная активная клеточная масса в составе тощей массы (АКМ, %), абсолютная скелетно-мышечная масса (СММ, кг), относительная скелетно-мышечная масса в составе тощей массы тела (СММ, %).

Результаты обработаны статистически при помощи программы Statistica 10.0. Для определения нормальности распределения использовали критерий Колмогорова-Смирнова. Количественные данные представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей (Ме [Q1;Q3]). Значимость межгрупповых различий оценивали по U-критерию Манна-Уитни при $p < 0,05$ [10]. Для описания качественных признаков применяли относительную частоту (%).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Статистически значимые различия в длине тела у девушек, обследованных в 2019 и 2021 годах, не отмечены (Таблица 1). Это объясняется тем, что длина тела относится к стабильным и маловариабельным показателям и, согласно данным литературы, ростовые процессы молодежи заканчиваются, как правило, к 19 годам и дальнейшие изменения статистически незначимы [11, 12].

Таблица 1

Показатели физического развития девушек

Показатель	Me [Q1; Q3]		p-уровень
	2019	2021	
ДТ, см	166 [161; 169]	165 [161; 169]	0,64
МТ, кг	56 [50; 63]	59,5 [53; 65] *	0,02
ОТ, см	63 [60; 68]	70 [65; 75,5] *	0,00
ОБ, см	91 [88; 97]	97 [93; 102] *	0,00
ИМТ, кг/м ²	20,3 [18,4; 22,6]	21,8 [19,7; 23,7] *	0,003
ОТ/ОБ	0,69 [0,67; 0,73]	0,72 [0,69; 0,74] *	0,00

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

Масса тела – это относительно лабильный показатель, на который оказывают влияние такие факторы, как питание, режим дня, физическая активность, психоэмоциональное состояние человека и др. [13]. Медианные значения массы тела у девушек увеличились за два года на 3,5 кг (различия статистически значимы, $p < 0,05$).

Для оценки отклонения массы тела от нормальных значений рассчитывали ИМТ. Результаты показали, что у девушек в 2021 году ИМТ значимо выше по сравнению с аналогичным показателем в 2019 году, оставаясь при этом в диапазоне нормальных значений. Распределение студенток по величине ИМТ отражено на Рисунке 1. Очевидно, что в условиях пандемии характер распределения существенно изменился – на 42,5 % уменьшилась доля лиц с дефицитом массы тела и на 18,8 % увеличилась с избыточной массой. Полученные результаты частично согласуются с данными литературы [7], согласно которым в течение пандемии уменьшилась доля лиц с дефицитом массы тела и увеличилась доля испытуемых с нормальной массой тела. При этом частота встречаемости испытуемых с избыточной массой тела и ожирением достоверно не изменилась.

Для оценки абдоминального ожирения измеряли обхват талии, обхват бедер с последующим расчётом индекса ОТ/ОБ и оценкой типа распределения жировой ткани. Доля девушек с гиноидным типом распределения жировой ткани составила 94 % в 2019 году и 95 % в 2021 году, с промежуточным – 5 % и 3 % соответственно. Повышенный и высокий риск заболеваний, ассоциированный с отклонением

окружности талии от нормы, наблюдался у 1 % студенток в 2019 году и у 2 % в 2021 году.

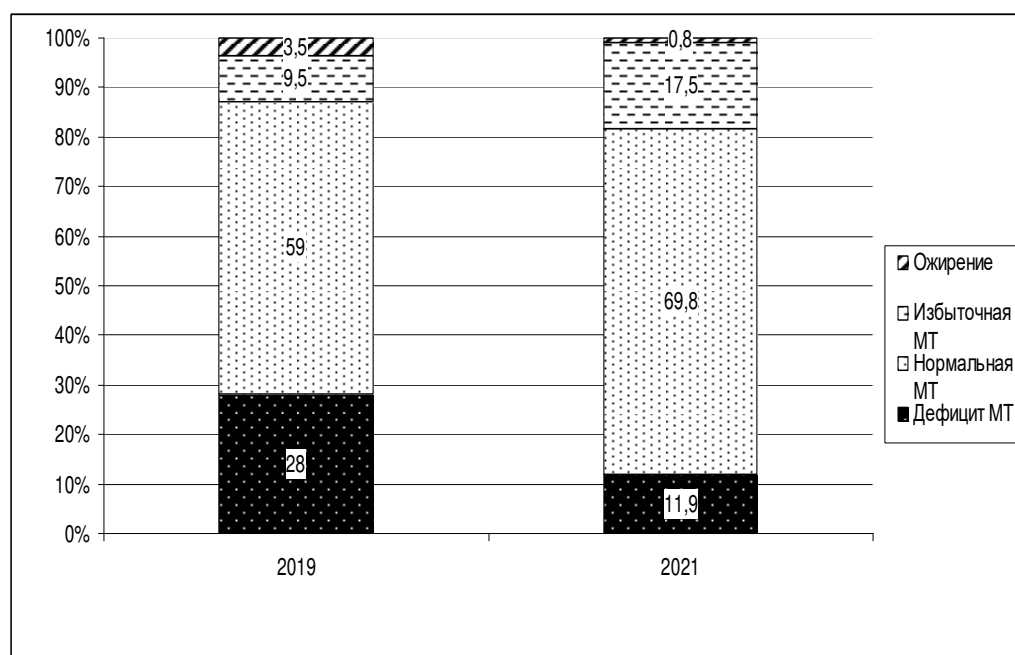


Рис. 1. Распределение девушек по величине индекса массы тела (доля обследованных, %).

Компонентный состав тела отражает не только особенности физического развития индивида, но и его нутритивный статус. Установлено, что абсолютная и относительная жировая масса достоверно выше у студенток, обследованных в 2021 году, по сравнению с девушками, обследованными в 2019 году (Таблица 2). Кроме того, у испытуемых в 2021 году достоверно снизилась абсолютная и относительная содержание активной клеточной массы. Вероятно, это связано с уменьшением двигательной активности вследствие перехода на дистанционную форму обучения, а также закрытием фитнес-центров и спортивных секций. Содержание активной клеточной массы зависит главным образом от питания и физической активности. При этом существует прямая зависимость: с понижением физической активности снижается содержание активной клеточной массы, а значит, замедляется обмен веществ [14]. Что в свою очередь может приводить к увеличению массы тела.

Увеличение массы тела и содержания жировой ткани можно связать с уменьшением двигательной активности девушек. Тенденция к снижению физической активности в условиях пандемии отмечается другими исследователями [15]. Кроме того, масса тела и компонентный состав в значительной степени зависят от особенностей питания индивида [16]. В условиях пандемии изменению подверглось и пищевое поведение студентов. По данным литературы [4] 62 % студентов-

первокурсников до пандемии не придерживались рационального питания, что выражалось в редких приемах пищи (1–2 раза в день), поздних по времени приемах пищи, избыточном потреблении легкоусвояемых углеводов и фастфуда. С приходом пандемии 79 % студентов стали потреблять пищу не реже 3 раз в день.

Таблица 2

Показатели компонентного состава тела у девушек

Показатель	Me [Q1; Q3]		p-уровень
	2019	2021	
ЖМ, кг	13,9 [10,3; 18,6]	17,4 [13,6; 21,8]*	0,00
ЖМ, %	24,8 [20,7; 30,3]	29,8 [25,7; 33,8]*	0,00
ТМ, кг	41,7 [38,8; 44,6]	41,2 [38,2; 44,3]	0,4
СММ, кг	20,7 [19,1; 22,2]	20,1 [18,3; 21,9]	0,12
СММ, %	49,4 [48,3; 50,4]	48,5 [47,6; 49,9]*	0,00
АКМ, кг	24,0 [22,1; 25,8]	22,9 [20,7; 25,8]*	0,05
АКМ, %	57,1 [55,6; 59,0]	55,8 [53,9; 57,7] *	0,00

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

Одним из очевидных последствий пандемии стало повышение уровня тревожности и стресса у населения [17–19]. В свою очередь стресс и стрессогенная среда напрямую способствуют повышению риска ожирения [20].

Таким образом, увеличение массы тела и изменение компонентного состава тела девушек, вероятно связаны с тремя факторами: снижением физической активности, изменением пищевого поведения и стрессом, вызванным пандемией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Девушки, обследованные в 2019 и 2021 году, статистически значимо отличаются по показателям физического развития и компонентному составу тела. Условия пандемии способствовали повышению массы тела, обхватных размеров, увеличению относительного и абсолютного содержания жировой ткани, уменьшению относительного содержания скелетно-мышечной и активной клеточной масс. Указанные изменения ассоциируются с повышенным риском развития неинфекционных заболеваний и могут негативно сказываться на здоровье молодежи.

Список литературы

1. Сидорова К. А. Влияние двигательной активности на здоровье студентов / К. А. Сидорова, Т. А. Сидорова, О. А. Драгич, Л. Т. Горшкова // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 7. – С. 25.

2. Червишник Н. Н. Актуальные проблемы физического развития студенческой молодежи в условиях пандемии / Н. Н. Червишник, Н. А. Ерохина, О. Г. Гарина // Образование и проблемы развития общества. – 2021. – № 4 (17). – С. 120–125.
3. Козлова М. А. Влияние пандемии на психологическое состояние студентов технического вуза в период дистанционной формы обучения / М. А. Козлова, Т. Г. Коновалова // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2011. – Т. 11, № 4. – С. 162–165.
4. Митрофанова Г. Н. Изменения образа жизни студентов-первокурсников в период пандемии COVID-19 / Г. Н. Митрофанова, О. Л. Насонова, А. С. Спивак // Вопросы педагогики. – 2021. – № 12-2. – С. 146–148.
5. Сысоева Е. Ю. Функциональное состояние студентов в условиях самоизоляции / Е. Ю. Сысоева, Е. Г. Стадник, Т. Е. Симина, С. Ю. Татарова, Ю. И. Кульгачев // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2020. – № 7 (185). – С. 378–384.
6. Машичев А. С. Исследование влияния ограничительных мер в условиях пандемии на физическое развитие студентов / А. С. Машичев, С. А. Трошин, А. М. Федорцов, А. В. Савенко // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – Вып. 3(71), ч.4. – С. 178–183.
7. Azoulay E. Weight Status and Body Composition Dynamics in Children and Adolescents During the COVID-19 Pandemic. / E. Azoulay, M. Yackobovitch-Gavan, H. Yaacov [et al.] // Front Pediatr. – 2021. – Vol. 9. – P. 1–9.
8. Никитюк Д. Б. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике: методические рекомендации / Д. Б. Никитюк, Е. А. Бурляева, В. А. Тутельян [и др.]. – М.: Спорт, 2018. – 64 с.
9. Николаев Д. В. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д. В. Николаев, А. В. Смирнов, И. Г. Бобринская [и др.]. – М.: Наука, 2009. – 329 с.
10. Гржибовский А. М. Анализ количественных данных для двух независимых групп / Гржибовский А. М. // Экология человека. – 2008. – № 2. – С. 54–61.
11. Назмутдинова В. И. Динамика весоростовых показателей студентов г.Тюмени с разным уровнем двигательной активности / В. И. Назмутдинова, А. М. Дуров, Л. Н. Шатилович // Медицинская наука и образование Урала. – 2015. – № 4. – С. 90–93.
12. Тятенкова Н. Н. Физическое развитие молодежи Ярославской области / Н. Н. Тятенкова, О. С. Аминова, Ю. Е. Уварова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 5. – С. 133.
13. Ковязина О. Л. Оценка уровня физического развития и функционального состояния организма школьников 11–13 лет сельской местности / О. Л. Ковязина, А. В. Елифанов, О. Н. Лепунова // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2017. – № 1. – С. 79–85.
14. Гирш Я. В. Роль и место биоимпедансного анализа в оценке состава тела детей и подростков с различной массой тела / Я. В. Гирш, О. А. Герасимчик // Бюллетень сибирской медицины. – 2018. – №17 (2). – С. 121–132.
15. Stanton R. Depression, Anxiety and Stress during COVID-19: Associations with Changes in Physical Activity, Sleep, Tobacco and Alcohol Use in Australian Adults / R. Stanton, Q. G. To, S. Khalesi [et al.]. // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – V. 17, No 11. – P. 4065.
16. Мусихина Е. А. Фактическое питание и компонентный состав тела у девушек с различными уровнями лептина и грелина / Е. А. Мусихина, Л. Н. Смелышева, Р. В. Сидоров, Г. А. Кузнецов // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 6. – С. 59–66.
17. Зимина С. Н. Динамика уровня тревожности московских студентов во время учебного процесса на фоне пандемии COVID-19 / С. Н. Зимина, А. А. Хафизова, А. М. Юдина, И. М. Синева // Перспективы науки и образования. – 2021. – Том 50, № 2. – С. 325–339.
18. Li H. Y. The Psychological Impacts of a COVID-19 Outbreak on College Students in China: A Longitudinal Study / H. Y. Li, H. Cao, D. Y. P. Leung, Y. W. Mak // Int J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – V.17 (11). – P. 3933.
19. Shanahan L. Emotional distress in young adults during the COVID-19 pandemic: Evidence of risk and resilience from a longitudinal cohort study / L. Shanahan, A. Steinhoff, L. Bechtiger [et al.] // Psychological Medicine. – 2020. – Jun 23. – P. 1–10.
20. Мазурина Н. В. Ожирение и стресс: эндокринные и социальные аспекты проблемы в современном российском обществе / Н. В. Мазурина, И. В. Лескова, Е. А. Трошина [и др.] // Ожирение и метаболизм. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 18–24.

PHYSICAL DEVELOPMENT AND BODY COMPOSITION OF STUDENTS IN PANDEMIC CONDITIONS

Tyatenkova N. N., Spivak A. S., Bragina A. M., Teplyakova O. N., Uvarova Y. E.

P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

E-mail: tyat@bk.ru

The aim of study was to assess the physical development and body composition of female students in pandemic conditions with blended and distance. Learning 326 female students aged 17 to 24 were examined. The measurements were carried out twice – in 2019 and 2021. The following anthropometric indicators were studied: body length, body weight, waist and hip circumference. The body composition was assessed with the bioimpedance method. Absolute and relative fat, active cell, skeletal muscle and lean masses were studied. Body mass index and waist-hip ratio were calculated. Data showed as median, lower and upper quartiles (Me [Q1; Q3]).

Median body weights for women were 56 [50; 63] kg in 2019, and increased by 3.5 kg in 2021 (differences were statistically significant at $p < 0,05$) to 59,5 [53; 65] kg. For students in 2021, the body mass index was higher compared to the same indicators in 2019, while remaining in normal levels (21,8 [19,7; 23,7] kg/m^2 in 2021 and 20.3 [18,4; 22,6] kg/m^2 in 2019). During the pandemic, the proportion of people with underweight decreased by 42,5 % (28 % of women in 2019 and 11,9 % in 2021) and increased by 18,8 % with overweight (9,5 % of women in 2019 and 17,5 % in 2021). Assessment of abdominal obesity was carried out according to the waist-hip ratio. The proportion of women with a gynoid type of adipose tissue distribution is 94 % in 2019 and 95 % in 2021, with an intermediate type – 5 % and 3 % respectively. An increased and high risk associated with abnormal waist circumference was noted in 1 % of women in 2019 and 2 % in 2021.

During the pandemic students girls revealed the following statistically significant changes in body composition: an increase in absolute (13,9 [10,3; 18,6] kg in 2019 and 17,4 [13,6; 21,8] kg in 2021) and relative fat mass (24,8 [20,7; 30,3]% in 2019 and 29,8 [25,7; 33,8]% in 2021), decrease in absolute (24,0 [22,1; 25,8] kg in 2019 and 22,9 [20,7; 25,8] kg in 2021) and relative active cell mass (57,1 [55,6; 59,0]% in 2019 and 55,8 [53,9; 57,7]% in 2021), a decrease in relative skeletal muscle mass (49,4 [48,3; 50,4]% in 2019 and 48,5 [47,6; 49,9]% in 2021).

Summary, the female students which examined in 2019 and 2021 differed statistically significantly in terms of physical development and body composition. The increase in body weight and body fat content is likely associated with three factors: the decrease in the physical activity of women, changes in eating behavior and stress caused by the pandemic.

Keywords: female students, physical development, body composition, body weight, pandemic.

References

1. Sidorova K. A., Sidorova T. A., Dragich O. A., Gorshkova L. T., The impact of physical activity on the health of students, *Modern high technologies*, 7, p. 60 (2008).

2. Cherevishnik N. N., Erokhina N. A., Garina O. G., Current problems of physical development of student youth in the conditions of the pandemic, *Education and problems of social development*, **4** (17), p. 120 (2021).
3. Kozlova M. A., Konovalova T. G., The impact of the pandemic on the psychological state of students of a technical university during the period of distance learning, *Youth Bulletin of ISTU*, **4**, 162 (2021).
4. Mitrofanova G. N., Nasonova O. L., Spivak A. S., Lifestyle changes for first students during the COVID-19 Pandemic, *Issues of Pedagogy*, **12-2**, p. 146 (2021).
5. Sysoeva E. Y., Stadnik E. G., Simina T. E., Tatarova S. Y., Kulgachev Y. I., Functional state of students in conditions of self-isolation, *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*, **7** (185), p. 378 (2020).
6. Mashichev A. S., Troshin S. A., Fedortsov A. M., Savenko A. V., Research of the impact of restrictive measures in context of a Pandemic on the physical development of students, *Actual scientific research in the modern world*, **3** (71), p. 178 (2020).
7. Azoulay E., Yackobovitch-Gavan M., Yaacov H., Gilboa I., Lopez A., Sheppes T., Waksman Y., Lebenthal Y., Brenner A., Weight status and body composition dynamics in children and adolescents during the COVID-19 pandemic, *Front. Pediatr.*, **9**, p. 1 (2021).
8. Nikityuk D. B., Burlyaeva E. A., Tutel'yan V. A., Vybornaya K. V., Lavrinenko S. V., Klochkova S. V., Alekseeva N. A., Vybornov V. D., Balandin M. Y., Sorokin A. A., *Using of the method of complex anthropometry in sports and clinical medicine*, 64 p. (Sport, Moscow, 2018).
9. Nikolaev D. V., Smirnov A. V., Bobrinskaya I. G., Rudnev S. G., *Bioelectric impedance analysis of human body composition*, 392 p. (Nauka, Moscow, 2009).
10. Grzhibovskii A. M., Analysis of quantitative data for two independent groups, *Human Ecology*, **2**, p. 54 (2008).
11. Nazmutdinova V. I., Durov A. M., Shatilovich L. N., Two years' dynamics of the mass and length of the body of Tyumen students with different level of motor activity, *Medical Science and Education of Ural*, **4**, p. 90 (2015).
12. Tyatenkova N. N., Aminova O. S., Uvarova Y. E., physical development of the youth of the Yaroslavl region, *Modern Problems of Science and Education*, **5**, e-print (2020).
13. Kovyazina O. L., Elifanov A. V., Lepunova O. N., Assessment of level of physical development and functional state of the organism of schoolchildren 11-13 years the countryside, *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, **1**, p. 79 (2017).
14. Girsh Ya. V., Gerasimchik O. A., The role and place of bioimpedance analysis assessment of body composition of children and adolescents with different body mass, *Bulletin of Siberian Medicine*, **17** (2), p. 121 (2018).
15. Stanton R., Khalesi S., Williams S., Alley S., Thwaite T. L., Fenning A., Vandelanotte C., Depression, anxiety and stress during COVID-19: associations with changes in physical activity, sleep, tobacco and alcohol use in australian adults. *Int. J Environ. Res. Public Health*, **17**, p. 4065 (2020).
16. Musikhina E. A., Smelysheva L. N., Sidorov R. V., Kuznetsov G. A., Nutrition and body composition in young women with various leptin and ghrelin levels, *Nutr. Issues*, **6** (90), p. 59 (2021).
17. Zimina S. N., Khafizova A. A., Yudina A. M., Sineva I. M., Dynamics of the anxiety level of Moscow students during the educational process in the setting of the COVID-19 pandemic, perspectives of science and education, **2** (50), p. 325 (2021).
18. Li H. Y. Cao H., Leung D. Y. P., Mak Y. W., The psychological impacts of a COVID-19 outbreak on college students in China: a longitudinal study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **17** (11), p. 3933 (2020).
19. Shanahan L., Steinhoff A., Bechtiger L., Murray A., Nivette A., Hepp U., Eisner M., Emotional distress in young adults during the COVID-19 pandemic: Evidence of risk and resilience from a longitudinal cohort study, *Psychological Medicine*, **Jun 23**, 1 (2020).
20. Mazurina N. V., Leskova I. V., Troshina E. A., Logvinova O. V., Adamskaya L. V., Krasnikovskii V. Y., Obesity and stress: endocrine and social aspects of the problem in the modern russian society, *Obesity and Metabolism*, **4** (16), p. 18 (2019).

УДК 543.42.062:543.544.5:615.073:615.322

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *PETASITES HYBRIDUS*

Цибизова А. А., Самопруев А. В., Головков Э. Г., Сергалиева М. У.

*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава
России, Астрахань, Россия
E-mail: charlina_astr@mail.ru*

В настоящей статье представлены результаты по изучению количественного содержания биологически активных веществ в растительном сырье – Белокопытник гибридный (*Petasites hybridus*), культивируемый на территории Астраханской области. Количественное содержание биологически активных веществ в листьях Белокопытника гибридного определяли методом спектрофотометрии и титрометрии. В ходе количественного анализа листьев Белокопытника гибридного было установлено, что содержание флавоноидов составляет 0,48 %; сапонинов – 4,4 %; органических кислот – 3,4 % и дубильных веществ – 5,3 %. Таким образом, количественный анализ листьев Белокопытника гибридного, культивируемого на территории Астраханской области, показал высокое содержание биологически активных веществ, сопоставимое с другими растениями рода Белокопытник и может быть использовано в качестве основы для создания фитопрепаратов.

Ключевые слова: Белокопытник гибридный, биологически активные вещества, флавоноиды, сапонины, органические кислоты, дубильные вещества.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечается повышенный интерес к изучению природного сырья, в том числе и растительного происхождения, с последующим применением его в качестве основы для разработки лекарственных препаратов [1–3]. Данная тенденция обусловлена наличием неоспоримых преимуществ у экстракционных фитопрепаратов, а именно наличие комплексного фармакологического действия, обусловленного химическим составом, возможность длительного их применения, что актуально в лечении хронических заболеваний, а также сходство природы биологически активных веществ растений и организма человека [4, 5].

Особый интерес представляет травянистое растение семейства сложноцветных – Белокопытник гибридный (*Petasites hybridus*), культивируемый на территории Астраханской области. Данное растение применяется в народной медицине в качестве спазмолитического, седативного и противовоспалительного средства, а также в качестве отхаркивающего при заболеваниях верхних дыхательных путей [6]. Установлено, что данное растение обладает антикоагулирующим действием. Отмечены противомикробные свойства отваров стеблей и корней Белокопытника, а именно противомикробное и противогельминтное. В качестве лекарственного сырья применяются корни, однако и надземная часть растения содержит большое количество биологически активных веществ [7–12]. Доказано

наличие в химическом составе извлечений белокопытника в большой концентрации дубильных веществ, сапонинов, флавоноидов, органических кислот и т.д. [13–15]. Принимая во внимание вышеописанное можно сделать вывод, что Белокопытник гибридный может быть использован для производства на его основе лекарственных препаратов с различным фармакологическим действием.

В связи с чем, целью исследования явилось количественное определение биологически активных веществ надземной части Белокопытника гибридного, произрастающего на территории Астраханской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явилась надземная часть (листья) Белокопытника, собранного в июне 2021 г. Сырье после первичной обработки было высушено воздушным способом при соблюдении теневых условий. Количество биологически активные вещества (БАВ) пересчитывали на абсолютно сухое сырье с предварительным измельчением сырья и определением его влажности в соответствии с ОФС.1.5.3.0007.15, ОФС.1.5.0003.15, ОФС.1.5.3.0004.15.

Степень измельченности сырья составила 3 мм; влажность листьев – 7 %. Количественное определение БАВ проводили, используя методики, указанные в Государственной фармакопее (флавоноиды, сапонины изучали спектрофотометрическим методом; органические кислоты, дубильные вещества – титриметрическими методами: алкалиметрией и перманганатометрией соответственно).

Количественное содержание флавоноидов в листьях Белокопытника определяли в извлечениях, полученных путем экстрагирования 70 % этанолом в соотношении 1:10, настаиванием на водяной бане при температуре 60°C в течение 2 часов с последующим измерением оптической плотности раствора при длине волны 410 нм на спектрофотометре ПЭ-5400В (ЗАО «НПО Экрос», Россия). В качестве раствора сравнения использовали раствор, не содержащий алюминия хлорида. Перерасчет количества флавоноидов производили на рутин с использованием его стандартного образца. Содержание суммы флавоноидов в растительном сырье вычисляли по формуле:

$$X = \frac{A_x \times a_{cm} \times 10 \times 100}{A_{cm} \times a_x \times (100 - W)},$$

где A_x – оптическая плотность испытуемого раствора; $A_{ст}$ – оптическая плотность раствора стандартного образца; $a_{ст}$ – масса стандартного образца рутина, г; a_x – масса навески сырья, г; W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

Количественное определение сапонинов в листьях Белокопытника проводили путем пятикратного экстрагирования 2,0 г сырья на кипящей водяной бане в пересчете на олеаноловую кислоту, применяя в качестве экстрагента этанол 96 %. Оптическую плотность раствора определяли на спектрофотометре LekiSS 1207UV (Финляндия) в области 220–450 нм. Раствором сравнения являлась

концентрированная серная кислота. Содержание сапонинов в пересчете на олеаноловую кислоту рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{A_x \times m_0 \times 250 \times 25 \times 100 \times 100}{A_0 \times m_x \times 25 \times (100 - w)},$$

где A_0 – оптическая плотность исследуемого раствора; m_0 – масса Государственного стандартного образца (ГСО) олеаноловой кислоты, г (0,0025 г); m_x – масса сырья, г; w – потеря в массе сырья при высушивании, %.

Количество органических кислот в листьях определяли в водном извлечении, полученном настаиванием 1,0 г сырья в свежeproкипяченной воде на кипящей водяной бане в течение 2 часов с последующим титрованием раствором едкого натра (0,01 моль/л) до перехода окраски извлечения от зеленовато-голубого до лилового. Параллельно проводили контрольный опыт в тех же условиях эксперимента. Процентное содержание органических кислот пересчитывали на яблочную кислоту в абсолютно сухом сырье в процентах (X) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{V_0 \times V_k \times 0,00067 \times 250 \times 100 \times 100}{10 \times a \times (100 - w)},$$

где 0,00067 – количество яблочной кислоты, соответствующее 1 мл раствора натра едкого (0,01 моль/л), г; V_0 – объем раствора натра едкого (0,01 моль/л), пошедшего на титрование в основном опыте, мл; V_k – объем раствора натра едкого (0,01 моль/л), пошедшего на титрование в контрольном опыте, мл; a – масса сырья, г; w – потеря в массе при высушивании сырья, %.

При определении количества дубильных веществ в листьях Белокопытника использовали извлечение, полученное настаиванием 2 г измельченного сырья на кипящей водяной бане в течение 30 мин с последующим титрованием 0,1 н. перманганатом калия до золотисто-желтого окрашивания. Параллельно проводили контрольный опыт в тех же условиях эксперимента. Процентное содержание дубильных веществ в пересчете на танин рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \times K \times 0,00582 \times V \times 100 \times 100}{m \times V_3 \times (100 - w)},$$

где V_1 – объем 0,1 н. $KMnO_4$, пошедшего на титрование, мл; V_2 – объем 0,1 н. $KMnO_4$, пошедшего на контрольный опыт, мл; K – поправка на титр (по щавелевой кислоте); 0,00582 – коэффициент пересчета на танин для дубильных веществ; V – общий объем экстракта, мл; m – масса навески сырья, г; V_3 – объем экстракта, взятого для титрования, мл; w – влажность сырья, %.

Эксперименты повторяли в 5 сериях. Статистическую обработку результатов проводили по унифицированным метрологическим характеристикам и относительному стандартному отклонению (RSD, %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектр поглощения извлечения листьев Белокопытника гибридного, метрологическая характеристика количественного содержания флавоноидов представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

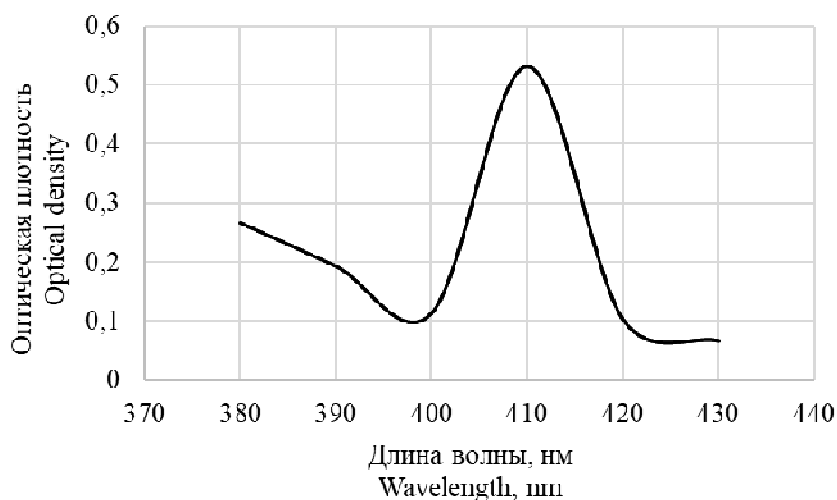


Рис. 1. Спектр поглощения комплекса флавоноидов листьев Белокопытника гибридного с алюминия хлоридом (III).

Таблица 1

Метрологическая характеристика определения флавоноидов в листьях Белокопытника гибридного

№	Масса навески, г	Сумма флавоноидов, %	Метрологические данные	RSD (относительное стандартное отклонение), %
1	0,507	0,48	$X_{cp} = 0,47$ $S^2 = 0,002$ $S = 0,044$ $S_x = 0,019$ $\varepsilon = 16,77\%$ $\varepsilon_{cp} = 7,50\%$	RSD = 9,36
2	0,501	0,47		
3	0,506	0,48		
4	0,506	0,46		
5	0,505	0,47		

Принимая во внимание полученные результаты, установили, что максимум поглощения флавоноидов листьев наблюдался при длине волны (λ) = 410 нм и оптической плотности (A) = 0,53, что соответствует максимуму поглощения раствора стандартного образца рутина. Количество флавоноидов в листьях Белокопытника гибридного составило 0,48 % (RSD = 9,36 %).

Результаты проведенного спектрофотометрического анализа и метрологическая характеристика количественного содержания сапонинов в исследуемом сырье показаны на рисунке 2 и в таблице 2.

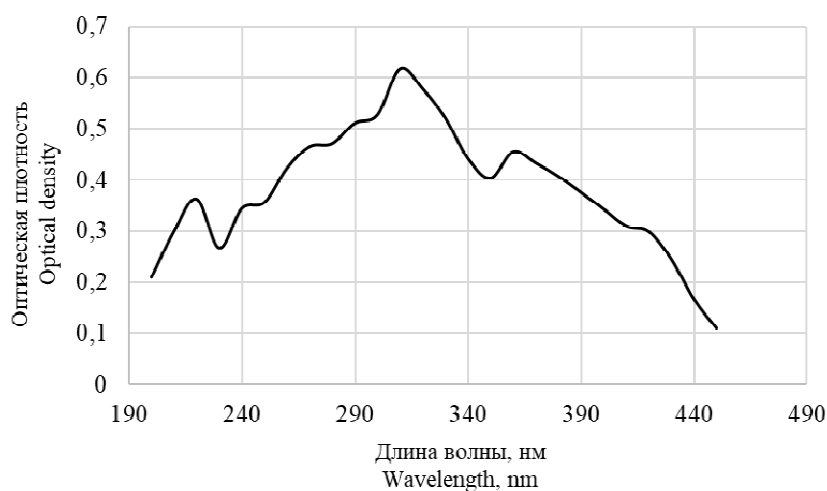


Рис. 2. Спектр поглощения комплекса сапонинов листьев Белокопытника гибридного с концентрированной серной кислотой.

Таблица 2

Метрологическая характеристика определения сапонинов в листьях Белокопытника гибридного

№	Масса навески, г	Сумма сапонинов, %	Метрологические данные	RSD (относительное стандартное отклонение), %
1	2,002	4,3	$X_{cp} = 4,3$ $S^2 = 0,015$ $S = 0,122$ $S_x = 0,054$ $\varepsilon = 2,06\%$ $\varepsilon_{cp} = 0,92\%$	RSD = 2,83
2	2,002	4,1		
3	2,003	4,4		
4	2,004	4,4		
5	2,002	4,3		

В процессе проведения количественного анализа, установили, что максимум поглощения сапонинов листьев наблюдался при длине волны (λ) = 310 нм и

оптической плотности (A) = 0,61, что соответствует максимуму поглощения раствора кислоты олеаноловой. Количество сапонинов в листьях Белокопытника гибридного составило 4,4 % (RSD = 2,83 %).

Метрологические характеристики количественного содержания органических кислот и дубильных веществ представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Метрологическая характеристика определения органических кислот в листьях Белокопытника гибридного

№	Масса навески, г	Сумма органических кислот, %	Метрологические данные	RSD (относительное стандартное отклонение), %
1	1,002	3,4	$X_{cp} = 3,24$ $S^2 = 0,022$ $S = 0,148$ $S_x = 0,066$ $\varepsilon = 3,32 \%$ $\varepsilon_{cp} = 1,48 \%$	RSD = 4,56
2	1,002	3,2		
3	1,003	3,1		
4	1,004	3,2		
5	1,002	3,3		

Таблица 4

Метрологическая характеристика определения дубильных веществ в листьях Белокопытника гибридного

№	Масса навески, г	Сумма дубильных веществ, %	Метрологические данные	RSD (относительное стандартное отклонение), %
1	2,001	5,3	$X_{cp} = 5,12$ $S^2 = 0,022$ $S = 0,173$ $S_x = 0,077$ $\varepsilon = 2,45 \%$ $\varepsilon_{cp} = 1,09 \%$	RSD = 3,37
2	2,003	4,9		
3	2,003	5,2		
4	2,001	5,1		
5	2,002	5,1		

Титриметрический анализ показал, что количество органических кислот в листьях Белокопытника гибридного составило 3,4 % (RSD = 4,56 %), а дубильных веществ – 5,3 % (RSD = 3,37 %).

Анализ литературных источников о качественно-количественном составе активных соединений рода Белокопытник показал [7–14], что растения, произрастающие на территории Центральной России, Забайкалья и Дальнего Востока содержат аналогичный химический состав, однако количественное содержание таких БАВ, как флавоноиды и сапонины выше у Белокопытника

гибридного, выращенного на территории Астраханской области, что опосредовано климатическими условиями, а именно высокая инсоляция, повышенная температура воздуха и пониженная влажность, что способствует более высокому накоплению БАВ в различных частях растений [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе количественного изучения биологически активных веществ листьев Белокопытника гибридного было установлено, что содержание флавоноидов составляет 0,48 %; сапонинов – 4,4 %; органических кислот – 3,4 % и дубильных веществ – 5,3 %. Таким образом, количественный анализ листьев Белокопытника гибридного (*Petasites hybridus*), культивированного на территории Астраханской области, показал высокое содержание БАВ, сопоставимое с другими растениями рода Белокопытник и может быть использовано в качестве основы для создания фитопрепаратов.

Список литературы

1. Брынцева И. А. Разработка средства для волос на основе «Тинакской» лечебной грязи Астраханской области / И. А. Брынцева, М. А. Самогруева, А. А. Цибизова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5. – С. 190.
2. Сергалиева М. У. Астрагал лисий (*Astragalus vulpinus* Willd.) – источник биологически активных веществ / М. У. Сергалиева, Н. А. Барскова // Астраханский медицинский журнал. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 56–63.
3. Сальникова Н. А. Фитохимический анализ листьев лоха серебристого *Elaeagnus argentea* / Н. А. Сальникова, Ю. В. Шур, А. А. Цибизова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2021. – Т. 10, № 3. – С. 95–99. doi: 10.33380/2305-2066-2021-10-3-95-99.
4. Самогруева М. А. Фитохимическая характеристика травы *Astragalus vulpinus* Willd. и психомодулирующая активность экстракта на его основе / М. А. Самогруева, М. В. Мажитова, М. У. Сергалиева, А. Л. Ясенявская // Химико-фармацевтический журнал. – 2021. – Т. 55, № 2. – С. 40–45. doi: 10.30906/0023-1134-2021-55-2-40-45.
5. Woo H. S. Bakkenolides and Caffeoylquinic Acids from the Aerial Portion of *Petasites japonicus* and Their Bacterial Neuraminidase Inhibition Ability / H. S. Woo, K. C. Shin, J. Y. Kim [et al.] // Biomolecules. – 2020. – Vol. 10, No. 6. – P. 888. doi: 10.3390/biom10060888.
6. Lee J. S. Chemical Constituents of the Leaves of Butterbur (*Petasites japonicus*) and Their Anti-Inflammatory Effects / J. S. Lee, M. Jeong, S. Park [et al.] // Biomolecules. – 2019. – Vol. 9, No. 12. – P. 806. doi: 10.3390/biom9120806.
7. Mihajilov-Krstev T. Phytochemistry, Toxicology and Therapeutic Value of *Petasites hybridus* Subsp. *Ochroleucus* (Common Butterbur) from the Balkans / T. Mihajilov-Krstev, B. Jovanović, B. Zlatković [et al.] // Plants (Basel). – 2020. – Vol. 9, No. 6. – P. 700. doi: 10.3390/plants9060700.
8. Kulinowski L. A review on the ethnobotany, phytochemistry, pharmacology and toxicology of butterbur species (*Petasites* L.) / L. Kulinowski, S. V. Luca, M. Minceva, K. Skalicka-Woźniak // J Ethnopharmacol. – 2022. – Vol. 293. – P. 115263. doi: 10.1016/j.jep.2022.115263.
9. Guo L. S-Petasin isolated from *Petasites japonicus* exerts anti-adipogenic activity in the 3T3-L1 cell line by inhibiting PPAR- γ pathway signaling / L. Guo, K. Li, Z. W. Cui [et al.] // Food Funct. – 2019. – Vol. 10, No. 7. – P. 4396–4406. doi: 10.1039/c9fo00549h.
10. Alhusayan R. M. Butterbur (*Petasites hybridus*) Extract Ameliorates Hepatic Damage Induced by Ovalbumin in Mice / R. M. Alhusayan, B. A. Aldahmash, D. M. El-Nagar [et al.] // Oxid Med Cell Longev. – 2020. – Vol. 2020. – P. 3178214. doi: 10.1155/2020/3178214.
11. Kitajima M. New otonecine-type pyrrolizidine alkaloid from *Petasites japonicus* / M. Kitajima, K. Okabe, M. Yoshida [et al.] // J Nat Med. – 2019. – Vol. 73, No. 3. – P. 602–607. doi: 10.1007/s11418-019-01285-9.

12. Hiemori-Kondo M. Antioxidant compounds of *Petasites japonicus* and their preventive effects in chronic diseases: a review / M. Hiemori-Kondo // *J Clin Biochem Nutr.* – 2020. – Vol. 67, No. 1. – P. 10–18. doi: 10.3164/jcbn.20-58.
13. Журавлева С. В. Белокопытник японский – источник БАВ для функциональных продуктов / С. В. Журавлева, Т. М. Бойцова // *Экологические проблемы природопользования и охрана окружающей среды в азиатско-тихоокеанском регионе: Среды жизни, их охрана и восстановление.* – 2016. – С. 87–93.
14. Демидова Е. И. Отдельное фармакогностическое изучение нефармакопейных лекарственных растений: белокопытник гибридный и полынь обыкновенная / Е. И. Демидова, А. Н. Кисилёва, К. А. Стрельчева, Е. Г. Коган // *Смоленский медицинский альманах.* – 2017. – № 1. – С. 108–112.
15. Леонтьев В. Н. Сравнительный анализ состава флавоноидов лекарственных растений, произрастающих в различных геоклиматических зонах / В. Н. Леонтьев, О. С. Игнатовец, Е. В. Феськова [и др.] // *Технология органических веществ : материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января-12 февраля 2022 года.* – Минск : БГТУ, 2022. – 268–270.

QUANTITATIVE EVALUATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES *PETASITES HYBRIDUS*

Tsibizova A. A., Samotruev A. V., Golovkov E. G., Sergalieva M. U.

*Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation
E-mail: charlina_ast@mail.ru*

Currently, there is an increased interest in the study of natural raw materials, including plant origin, with its subsequent use as a basis for the development of medicines. This trend is due to the presence of undeniable advantages of extraction phytopreparations, namely the presence of a complex pharmacological action due to the chemical composition, the possibility of their long-term use, which is relevant in the treatment of chronic diseases, as well as the similarity of the nature of biologically active substances of plants and the human body.

Of particular interest is a herbaceous plant of the family of compound flowers – *Petasites hybridus*, cultivated on the territory of the Astrakhan region. This plant is used in folk medicine as an antispasmodic, sedative and anti-inflammatory agent, as well as an expectorant for diseases of the upper respiratory tract. It has been established that this plant has an anticoagulant effect. The anti-infective properties of decoctions of stems and roots of *Petasites*, namely antimicrobial and anthelmintic, were noted. Roots are used as medicinal raw materials, however, the aboveground part of the plant contains a large amount of biologically active substances. The presence of extracts of *Petasites* in the chemical composition in a high concentration of tannins, saponins, flavonoids, organic acids, etc. has been proved. Taking into account the above, it can be concluded that *Petasites hybridus* can be used for the production of medicines based on it with various pharmacological effects.

In this connection, the purpose of the study was the quantitative determination of biologically active substances of the aboveground part of *Petasites hybridus*, growing in the Astrakhan region.

The object of the study was the aboveground part (leaves) of *Petasites* collected in June 2021. After primary processing, the raw materials were dried by air under shady conditions. The degree of shredding of the raw materials was 3 mm; the moisture content of the leaves was 7 %. The quantitative determination of biologically active substances was carried out using the methods specified in the State Pharmacopoeia (flavonoids, saponins were studied by spectrophotometric method; organic acids, tannins – by titrometric methods: alkalimetry and permanganometry, respectively).

The quantitative content of flavonoids in *Petasites* leaves was determined in extracts obtained by extracting 70 % ethanol in a ratio of 1:10, infusing in a water bath at a temperature of 60 °C for 2 hours, followed by measuring the optical density of the solution at a wavelength of 410 nm on a spectrophotometer.

Quantitative determination of saponins in *Petasites* leaves was carried out by fivefold extraction of 2.0 g of raw materials in a boiling water bath in terms of oleanolic acid, using 96 % ethanol as an extractant. The optical density of the solution was determined on a spectrophotometer in the region of 220–450 nm.

The amount of organic acids in the leaves was determined in an aqueous extraction obtained by infusing 1.0 g of raw materials in freshly boiled water in a boiling water bath for 2 hours, followed by titration with a solution of caustic soda (0.01 mol / l) until the extraction color changed from greenish-blue to purple.

When determining the amount of tannins in *Petasites* leaves, an extraction obtained by infusing 2 g of crushed raw materials in a boiling water bath for 30 minutes was used, followed by titration with 0.1 n. potassium permanganate until golden yellow coloring.

The experiments were repeated in 5 series. Statistical processing of the results was carried out according to standardized metrological characteristics and relative standard deviation (RSD, %).

A quantitative study of biologically active substances *folia Petasites hybridus* found that the content of flavonoids is 0.48 %; saponins – 4.4 %; organic acids – 3.4 % and tannins – 5.3 %.

Analysis of literature sources on the qualitative and quantitative composition of active compounds of the genus *Petasites* showed that plants growing in Central Russia, Transbaikalia and the Far East contain a similar chemical composition, however, the quantitative content of biologically active substances such as flavonoids and saponins is higher in *Petasites hybridus* grown in the Astrakhan region, which is mediated by climatic conditions, namely, high insolation, high air temperature and low humidity, which contributes to a higher accumulation of active substances in various parts of plants.

During the quantitative study of biologically active substances of *Petasites hybridus* leaves, it was found that the content of flavonoids is 0.48 %; saponins – 4.4 %; organic acids – 3.4 % and tannins – 5.3 %. Thus, a quantitative analysis of the leaves of *Petasites hybridus* cultivated in the Astrakhan region showed that this raw material contains a high content of biologically active substances comparable to other plants of the genus *Petasites* and can be used as a basis for the creation of phytopreparations.

Keywords: *Petasites hybridus*, biologically active substances, flavonoids, saponins, organic acids, tannins.

References

1. Bryntseva I. A., Samotrueva M. A., Tsibizova A. A. Development of a hair product based on the «Tinak» medical mud of the Astrakhan region. *The successes of modern natural science*, **5**, 190 (2014). (in Russ.).
2. Sergalieva M. U., Barskova N. A. *Astragalus vulpinus* Willd. – source of biologically active substances. *Astrakhan Medical Journal*, **12(1)**, 56 (2017). (in Russ.).
3. Salnikova N. A., Shur Yu. V., Tsibizova A. A. Phytochemical analysis of the leaves of the silvery loch *Elaeagnus argentea*. *Development and registration of medicinal products*. **10(3)**, 95 (2021). doi: 10.33380/2305-2066-2021-10-3-95-99 (in Russ.).
4. Samotrueva M. A., Mazhitova M. V., Sergalieva M. U., Yasenyavskaya A. L. Phytochemical characteristics of *Astragalus vulpinus* Willd grass. and the psychomodulatory activity of the extract based thereon. *Chemical and Pharmaceutical Journal*. **55(2)**, 40 (2021). doi: 10.30906/0023-1134-2021-55-2-40-45 (in Russ.).
5. Woo H. S., Shin K. C., Kim J. Y. [et al.], Bakkenolides and Caffeoylquinic Acids from the Aerial Portion of *Petasites japonicus* and Their Bacterial Neuraminidase Inhibition Ability. *Biomolecules*, **10(6)**, 888 (2020). doi: 10.3390/biom10060888.
6. Lee J. S., Jeong M., Park S. [et al.], Chemical Constituents of the Leaves of Butterbur (*Petasites japonicus*) and Their Anti-Inflammatory Effects. *Biomolecules*, **9(12)**, 806 (2019). doi: 10.3390/biom9120806.
7. Mihajilov-Krstević T., Jovanović B., Zlatković B. [et al.], Phytochemistry, Toxicology and Therapeutic Value of *Petasites hybridus* Subsp. *Ochroleucus* (Common Butterbur) from the Balkans. *Plants (Basel)*, **9(6)**, 700 (2020). doi: 10.3390/plants9060700.
8. Kulinowski L., Luca S. V., Minceva M., Skalicka-Woźniak K. A review on the ethnobotany, phytochemistry, pharmacology and toxicology of butterbur species (*Petasites* L.). *J Ethnopharmacol*, **293**, 115263 (2022). doi: 10.1016/j.jep.2022.115263.
9. Guo L., Li K., Cui Z. W. [et al.], S-Petasin isolated from *Petasites japonicus* exerts anti-adipogenic activity in the 3T3-L1 cell line by inhibiting PPAR- γ pathway signaling. *Food Funct*, **10(7)**, 4396 (2019). doi: 10.1039/c9fo00549h.
10. Alhusayan R. M., Aldahmash B. A., El-Nagar D. M. [et al.], Butterbur (*Petasites hybridus*) Extract Ameliorates Hepatic Damage Induced by Ovalbumin in Mice. *Oxid Med Cell Longev*, **2020**, 3178214 (2020). doi: 10.1155/2020/3178214.
11. Kitajima M., Okabe K., Yoshida M. [et al.], New otonecine-type pyrrolizidine alkaloid from *Petasites japonicus*. *J Nat Med*, **73(3)**, 602 (2019). doi: 10.1007/s11418-019-01285-9.
12. Hiemori-Kondo M. Antioxidant compounds of *Petasites japonicus* and their preventive effects in chronic diseases: a review. *J Clin Biochem Nutr*, **67(1)**, 10 (2020). doi: 10.3164/jcbs.20-58.
13. Zhuravleva S. V., Boytsova T. M. Belokopytnik Japanese source BAV for functional products. *Environmental issues and environmental protection in the Asia-Pacific region: Environment of life, their protection and restoration*, 87 (2016). (in Russ.).
14. Demidova E. I., Kisileva A. N., Strelycheva K. A., Kogan E. G. Separate pharmacognostic study of non-pharmacopoeial medicinal plants: hybrid and common wormwood. *Smolensk Medical Almanac*, **1**, 108 (2017). (in Russ.).
15. Leontiev V. N., Ignatovets O. S., Feskova E. V. [et al.], Comparative analysis of the composition of flavonoids of medicinal plants growing in various geoclimatic zones. *Organic Substances Technology. Materials of the 86th Scientific and Technical Conference of Faculty, Researchers and Graduate Students*. (Minsk, 2022), 268. (in Russ.).

УДК 634.8.034

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА КРЕЗАЦИНА
НА РИЗОГЕНЕЗ И ВЫХОД СТАНДАРТНЫХ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА
СОРТА РУССКИЙ КОНКОРД**

Черятова Ю. С.¹, Перелович В. Н.²

¹Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

²ООО «ПР Мелисса», Талдом, Россия

E-mail: u.cheryatova@rgau-msha.ru

В статье рассматривается технология производства корнесобственного посадочного материала винограда сорта Русский Конкорд. Представлены результаты изучения влияния стимуляторов корнеобразования ИМК и Крезацина в разных концентрациях и способов предпосадочной подготовки одревесневших черенков (кильчевание и ослепление глазков) на выход стандартных саженцев винограда сорта Русский Конкорд. В результате работы было установлено, что самый высокий процент укореняемости черенков винограда и формирование наибольшей ризогенной зоны у однолетних саженцев наблюдалось при применении Крезацина в концентрации 200 мг/л. Биометрические параметры стандартных саженцев винограда сорта Русский Конкорд в конце первого периода вегетации, полученные путем черенкования, свидетельствовали о возможности их использования к реализации в тот же год.

Ключевые слова: саженцы и черенки винограда, Русский Конкорд, регуляторы роста, Крезацин, ризогенез.

ВВЕДЕНИЕ

При освоении прогрессивных технологий возделывания винограда все более актуальными становятся вопросы получения корнесобственного посадочного материала растений. Виноград в производственных целях размножают главным образом путем черенкования, поскольку полученный корнесобственный посадочный материал имеет ряд существенных преимуществ перед привитой культурой [1]. Метод искусственного укоренения имеет огромное значение в мировой практике: созданы современные высокодоходные плантации виноградников, заложены маточники редких сортов винограда [2, 3].

Одним из основных направлений в развитии отрасли виноградарства АПК является ускорение и совершенствование селекционной работы с вегетативно размножаемыми растениями. При ограниченном количестве исходного посадочного материала технология черенкования дает возможность ускорять продвижение в производство перспективных сортов винограда, лучше использовать интродукционные фонды [4]. Более того, производство достаточного количества саженцев винограда в условиях импортозамещения, как приоритетного направления

современной аграрной науки, на сегодняшний день приобретает особое значение [5]. Таким образом, современные технологии черенкования позволяют значительно интенсифицировать способы выращивания корнесобственного посадочного материала винограда популярных районированных сортов.

Применение регуляторов роста является неотъемлемой частью элементов интенсификации производства саженцев в виноградарстве [6, 7]. Изменение гормонального статуса растений под воздействием экзогенных регуляторов роста обеспечивает повышение активности метаболических процессов в черенках, что способствует активации работы раневых меристем, и, как следствие, повышению интенсивности каллусообразования. Под действием регуляторов роста возрастает процент укоренения черенков, увеличивается мощность развития адвентивной корневой системы. Однако не все стимуляторы роста безвредны. В настоящее время одним из векторов направленности развития виноградарства заключается в экологизации технологических процессов получения посадочного материала и товарной продукции. Его сущность заключается в научно-обоснованном, дифференцированном применении удобрений, пестицидов, а также регуляторов роста. В этой связи большое внимание виноградарей все чаще привлекает изучение экологически безопасных регуляторов роста [8].

В основе вегетативного размножения винограда лежит его способность к регенерации. Для успешного вегетативного размножения винограда первостепенное значение имеет способность черенков различных сортов к укоренению. Важнейшим фактором, способствующим регенерации, является применение регуляторов роста при черенковании винограда, а также поступление корнеобразующих гормонов, индуцирующих ризогенез [9]. Известно, что зачатки адвентивных корней на черенках возникают благодаря делению паренхимных клеток каллуса [10]. Клетки постоянных тканей основания стеблевого черенка возобновляют свою способность к делению, дедифференцируются, а затем образуют клетки придаточных корней [11]. Каллусообразование во многом зависит от соотношения гормонов в черенках винограда [12]. Экзогенные стимуляторы роста могут существенно ускорить деление клеток основной паренхимы коры, сердцевины, а также клеток камбия стебля черенков. Поэтому применение различных стимуляторов роста может значительно ускорить процесс каллусообразования и адвентивного ризогенеза черенков винограда.

Наиболее известным стимулятором корнеобразования при черенковании сортов винограда является ИМК (индолилмасляная кислота), служащая в качестве эталонного препарата. Однако инновационный экологически безвредный синтетический фитогормон, стимулятор корнеобразования, адаптоген широкого спектра действия Крезацин до настоящего времени остается малоизученным в виноградарстве [13]. Крезацин [трис (2-гидроксиэтил) аммоний-2-метилфеноксиацетат] – препарат, зарегистрированный в Государственном каталоге РФ пестицидов и агрохимикатов в качестве стимулятора роста. Он абсолютно безопасен для людей и животных, поскольку не проявляет канцерогенного, тератогенного, мутагенного и аллергенного действия, и не накапливается в

организме. Поэтому исследования действия Крезацина в практике черенкования различных сортов винограда являются актуальными.

Цель исследования – выявить результативность обработки стимулятора роста Крезацина и агротехнических приемов предпосадочной подготовки на укоренение черенков и выход стандартных однолетних саженцев винограда сорта Русский Конкорд.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа проводилась в 2020–2021 гг. Опыт был заложен в первой декаде марта 2021 г. в теплице лаборатории Плодоводства РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Объектом исследований послужил сорт винограда Русский Конкорд, полученный от опыления американского сорта Конкорд пылью амурского винограда. Этот сорт получил широкое распространение в северных районах виноградарства благодаря высокой зимостойкости и хорошей транспортабельности, поэтому вопросы получения качественного посадочного материала в нашей зоне являются особо актуальными. Черенки винограда сорта Русский Конкорд были взяты с маточных растений открытого грунта лаборатории Плодоводства РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в ноябре 2020 года. Заготовка черенков проводилась согласно техническим условиям, предусмотренным в стандарте [14]. Черенки брали из средней части однолетних вызревших побегов маточных растений, поскольку у таких черенков наблюдается повышенная регенерационная способность. Этот период заготовки черенков характеризуется тем, что в побегах растений обнаруживается мало эндогенных ауксинов, и они становятся наиболее восприимчивыми к воздействию синтетических экзогенных гормонов.

В работе было испытано действие ИМК и Крезацина в разных концентрациях на укореняемость черенков винограда. Черенки винограда помещали в водные растворы стимуляторов роста на 24 часа. При замачивании черенков строго соблюдалась полярность растений. В схему опыта также было включено ослепление глазков и кильчевание. Контрольные черенки замачивали в чистой водопроводной воде. В кильчеваторе для посадки черенков использовали влажные опилки. Для улучшения каллусообразования нижняя часть черенков подвергалась воздействию повышенной температуры ($t^{\circ} +24\text{--}26^{\circ}\text{C}$) с одновременным охлаждением верхней части черенков путем снегования, снижая температуру до $t^{\circ} +2\text{--}4^{\circ}\text{C}$. Черенки находились в кильчеваторе две недели, после чего были высажены в торфогрунт теплицы. В опыте также использовали туманообразующую установку для регулирования уровня влажности. Число растений по каждому варианту опыта – 100 штук. Обработку биометрических данных проводили общепринятыми математико-статистическими методами; вычисляли среднее арифметическое значение признака, выборочную ошибку средней арифметической, дисперсию, стандартное отклонение и коэффициент вариации [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Период укоренения черенков винограда в опыте составлял, в среднем, 20 дней. Укореняемость черенков винограда сорта Русский Конкорд во всех вариантах опыта была на достаточно высоком уровне. В варианте с применением стимулятора корнеобразования Крезацина (200 мг/л) наблюдался наибольший процент укореняемости черенков винограда, который достигал, в среднем, 67,1 % (табл. 1).

Таблица 1

Влияние регуляторов роста на укореняемость черенков винограда сорта Русский Конкорд

Вариант опыта	Укореняемость, %
Контроль (вода)	44,9±5,8
ИМК 100 мг/л	63,3±11,5
Крезацин 200 мг/л	67,1±7,3
Кильчевание + ИМК 100 мг/л	53,7±9,2
Кильчевание + Крезацин 100 мг/л	46,8±10,4
Кильчевание + Ослепление глазков + Крезацин 50 мг/л	66,2±12,8

Хороший результат по укоренению черенков (66,2 %) в опыте также отмечалось в варианте Кильчевание + Ослепление глазков + Крезацин (50 мг/л). Выход укорененных черенков винограда в опыте с применением эталонного стимулятора корнеобразования ИМК (100 мг/л) несколько уступал вариантам с применением экологически безвредного Крезацина.

По завершению периода вегетации во всех вариантах опыта у черенков винограда было отмечено мощное развитие придаточной корневой системы. Количество и длина корней однолетних саженцев в опытах была выше, чем предусмотрено в стандарте [2]. Наибольшая ризогенная зона (480,9 см) наблюдалась у саженцев в варианте опыта Крезацин (200 мг/л) (табл. 2).

Статистический анализ показал, что у саженцев винограда в варианте Крезацин (100 мг/л) совместно с кильчеванием наблюдался низкий коэффициент вариации, что является хорошим показателем стабильности корнеобразования. Несмотря на то, что ИМК является эталонным стимулятором корнеобразования, в варианте кильчевание + ИМК (100 мг/л) ризогенная зона у черенков была значительно меньше, чем в опыте при совместном применении кильчевания и Крезацина (100 мг/л).

Достаточно мощное развитие придаточной корневой системы у однолетних саженцев винограда наблюдалось также в варианте опыта кильчевание + ослепление глазков + Крезацин (50 мг/л) – ризогенная зона составляла 240,9 см. В этом опыте наблюдался средний коэффициент вариации, что свидетельствовало о

выходе саженцев с одинаково хорошо развитой корневой системой. Количество и длина корней саженцев винограда в контроле (вода) варьировали в широких пределах, и характеризовались высоким коэффициентом вариации. У контрольных растений наблюдалась разная степень развития корневой системы, что впоследствии могло затруднить стандартизацию посадочного материала.

Таблица 2
Влияния регуляторов роста на мощность развития корневой системы винограда сорта Русский Конкорд

Вариант опыта	Ризогенная зона (суммарная длина корней), см. ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)	Коэффициент вариации (Cv, %)
Контроль (вода)	170,1±31,2	38,6
ИМК 100 мг/л	205,7±24,8	19,3
Крезацин 200 мг/л	480,9±27,5	16,8
Кильчевание + ИМК 100 мг/л	204,4±17,9	15,3
Кильчевание + Крезацин 100 мг/л	260,1±18,6	9,5
Кильчевание + Ослепление глазков + Крезацин 50 мг/л	240,9±21,7	23,8

Биометрические параметры стандартных саженцев винограда сорта Русский Конкорд в конце первого периода вегетации, полученные путем черенкования, свидетельствовали о возможности их использования к реализации в тот же год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что на процессы образования корней у черенков винограда с не меньшей эффективностью, чем использование ИМК, можно рассматривать возможность обработки для улучшения корнеобразования экологически безопасный препарат Крезацин. Экспериментально было установлено, что наиболее эффективной концентрацией при укоренении черенков винограда оказалось применение водного раствора Крезацина (200 мг/л), при использовании которого наблюдался высокий процент укореняемости черенков, а также формирование наибольшей ризогенной зоны. На основании проведенных исследований при производстве стандартных однолетних саженцев винограда сорта Русский Конкорд методом черенкования следует рекомендовать использование Крезацина в концентрации 200 мг/л. Рассматриваемая технология производства корнесобственного посадочного материала позволяет уже к концу сезона получать однолетние саженцы винограда сорта Русский Конкорд, удовлетворяющие требованиям стандарта.

Список литературы

1. Lentz P. A. Grapevine propagation with an emphasis on grafting / P. A. Lentz // International Plant Propagators' Society. – 2000. – Vol. 49. – P. 633–636.
2. Малых Г. П. Современные технологии создания маточников, размножения и посадки винограда / Г. П. Малых, А. С. Магомадов. – Новочеркасск – Москва: Изд-во ВНИИВиВ, 2012. – 151 с.
3. Neldner K. Successful propagation of vines from cuttings using a tray and hotbed system / K. Neldner, J. Furkaliev, G. Ellis // Austral Grapegrower Winemaker. – 1993. – No 352. – P. 27–31.
4. Четкин Р. М. Виноград в средней полосе России: выбор сортов, посадка, обрезка, правильный уход, черенкование и прививка, подготовка к зиме, защита от болезней / Р. М. Четкин, Л. Ю. Трейвас. – Москва: Фитон XXI, 2014. – 119 с.
5. Куликов И. М. Научные основы импортозамещения как приоритетного направления современной аграрной науки [В плодоводстве] / И. М. Куликов, А. А. Борисова, Т. А. Тумаева // Садоводство и виноградарство. – 2016. – № 1. – С. 6–11.
6. Кашин В. И. Научные основы адаптивного садоводства / В. И. Кашин. – М.: Колос, 1995. – 335 с.
7. Maigre D. Plants produits par greffe herbacee et greffe classique en viticulture / D. Maigre // Revue Suisse Vitic Arboric Horticulture. – 2004. – Vol. 36, No 5. – P. 255–261.
8. Ракитин А. Ю. Приусадебное хозяйство. Плодоводство / А. Ю. Ракитин. – М.: Изд-во Лик Пресс, 2001. – 336 с.
9. Ghinda E. Influence of growth regulators on regeneration processes in growing grapevine planting material / E. Ghinda // Stiinta Agricola. – 2019. – No 1. – P. 78–83.
10. Черятова Ю. С. Анатомия лекарственных растений и лекарственного растительного сырья: учебное пособие / Ю. С. Черятова. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. – 95 с.
11. Черятова Ю. С. Основы гистологии лекарственных растений: учебное пособие / Ю. С. Черятова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. – 93 с.
12. Geny L. Polyamines and adventitious root formation in *Vitis vinifera* L. / L. Geny, R. Dalmaso, M. Broquedis // Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. – 2002. – Vol. 36, No 2. – P. 97–102.
13. Малтабар Л. М. Виноградный питомник (теория и практика) / Л. М. Малтабар, Д. М. Козаченко. – Краснодар: Изд-во Кубанского государственного аграрного университета, 2009. – 290 с.
14. ГОСТ Р 53050-2008. Материал для размножения винограда (черенки, побеги). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 6 с.
15. Соколов И. Д. Введение в биометрию: учебное пособие / И. Д. Соколов, Е. И. Соколова, С. Ю. Наумов. – Луганск: Элгон-2, 2008. – 132 с.
16. ГОСТ Р 31783-12. Посадочный материал винограда (саженцы). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.

INFLUENCE OF KREZACIN GROWTH REGULATOR ON THE RHISOGENESIS AND EXIT OF STANDARD GRAPE SEEDLINGS OF RUSSIAN CONCORD VARIETIES

Cheryatova Yu. S.¹, Perelovich V. N.²

¹*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia*

²*ООО «PR Melissa», Taldom, Russia*

E-mail: u.cheryatova@rgau-msha.ru

For most areas of northern viticulture, the production of high-quality planting material remains an important issue. The most common way to obtain root grape seedlings is to grow them from well-ripened annual cuttings. Given that under the same conditions,

the ability of the roots to appear in cuttings of different grape varieties is not the same, the problem arises of increasing the yield of standard seedlings of a particular variety. The most important factor contributing to regeneration is the use of growth regulators when cutting grapes, as well as the intake of root-forming hormones that induce rhizogenesis. Therefore, the aim of the study was to identify the effectiveness of the treatment of the growth stimulator Krezacin and agrotechnical methods of pre-planting preparation for rooting cuttings and the yield of standard annual seedlings of the Russian Concord grape variety.

The experimental work was carried out in 2020–2021 in the Laboratory of Fruit Growing RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev. As an object of research, the Russian Concord grape variety, the most widely used in open ground conditions in the Moscow region, was used, as it has increased frost resistance. The harvesting of cuttings was carried out in accordance with the technical conditions provided for in the standard. In the work on rooting grape cuttings, the effect of stimulators of root formation of IMC and the innovative environmentally friendly preparation Krezatsin in different concentrations, as well as methods for preplanting lignified cuttings, such as stigmatization and blinding of eyes, were tested. The experiment also used a fogger to adjust the humidity level. The number of plants for each variant of the experiment is 100 pieces. Processing of biometric data was carried out by generally accepted mathematical and statistical methods; we calculated the arithmetic mean value of the feature, the sample error of the arithmetic mean, the variance, the standard deviation, and the coefficient of variation.

The rooting period of grape cuttings in the experiment was, on average, 20 days. The rooting rate of cuttings of the Russian Concord variety in all variants of the experiment was at a fairly high level. As a result of the work, it was established that the best development of the root system in annual grape seedlings was observed with the use of Krezatsin (200 mg / l). In the experimental version using Krezatsin at a concentration of 200 mg / l, the highest percentage of rooting of grape cuttings was observed, which reached, on average, 67,1 %, as well as the formation of the largest rhizogenic zone (480,9 cm). The biometric parameters of standard Russian Concord grape seedlings at the end of the first growing season, obtained by cuttings, indicated the possibility of their use for sale in the same year. Thus, the considered technology for the production of own-rooted planting material allows, by the end of the season, to obtain annual seedlings of the Russian Concord grape variety that meet the requirements of the standard.

Keywords: grape seedlings and cuttings, Russian Concord, growth regulators, Krezatsin, rhizogenesis.

References

1. Lentz P. A. Grapevine propagation with an emphasis on grafting, *International Plant Propagators' Society*, **49**, 633 (2000).
2. Malykh G. P. Magomadov A. S. *Modern technologies for creating queen cells, reproduction and planting of grapes*, 151 p. (Novocherkassk – Moscow: VNIIViV Publishing House, 2012).
3. Neldner K. Furkaliev J., Ellis G. Successful propagation of vines from cuttings using a tray and hotbed system, *Austral Grapegrower Winemaker*, **352**, 27 (1993).

4. Chechetkin R. M., Treivas L. Yu. *Grapes in central Russia: selection of varieties, planting, pruning, proper care, cuttings and grafting, preparation for winter, protection from diseases*, 119 p. (Moscow: Fiton XXI, 2014).
5. Kulikov I. M., Borisova A. A., Tumaeva T. A. Scientific bases of import substitution as a priority direction of modern agrarian science [In fruit growing], *Horticulture and viticulture*, **1**, 6 (2016).
6. Kashin V. I. *Scientific foundations of adaptive gardening*, 335 p. (Moscow: Kolos, 1995).
7. Maigre D. Plants produits par greffe herbacee et greffe classique en viticulture, *Revue Suisse Vitic Arboric Horticulture*, **36 (5)**, 255 (2004).
8. Rakitin A. Yu. *Homestead farming. Plodovodstvo*, 336 p. (Moscow: Lik Press, 2001).
9. Ghinda E. Influence of growth regulators on regeneration processes in growing grapevine planting material, *Stiinta Agricola*, **1**, 78 (2019).
10. Cheryatova Yu. S. *Anatomy of medicinal plants and medicinal plant raw materials: Textbook*, 95 p. (Moscow: RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, 2010).
11. Cheryatova Yu. S. *Basics of the histology of medicinal plants: Textbook*, 93 p. (Moscow: RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, 2016).
12. Geny L., Dalmasso R., Broquedis M. Polyamines and adventitious root formation in *Vitis vinifera* L., *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **36 (2)**, 97 (2002).
13. Maltabar L. M., Kozachenko D. M. *Grape nursery (theory and practice)*, 290 p. (Krasnodar: Publishing House of the Kuban State Agrarian University, 2009).
14. GOST R 53050-2008. *Material for propagation of grapes (cuttings, shoots). Specifications*, 6 p. (Moscow: Standartinform, 2019).
15. Sokolov I. D., Sokolova E. I., Naumov S. Yu. *Introduction to biometrics: Textbook*, 132 p. (Lugansk: Elton-2, 2008).
16. GOST R 31783-12. *Planting material of grapes (seedlings). Specifications*, 12 p. (Moscow: Standartinform, 2013).

УДК 612.014.42

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН
GLYCINE MAX L. В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ**

Чмелёва С. И., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н., Авраменко Е. А.

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

Показано положительное превентивное влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) (длина волны – 7,1 мм; частота излучения – 42,3 ГГц; плотность потока мощности облучения – 0,1 мВт/см²) на морфометрические показатели проростков сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.), сорт Аполлон в условиях недостаточного водообеспечения. Так, отмечается увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян при предпосевном КВЧ-воздействии при моделируемом осмолитическом стрессе у опытных вариантов по сравнению с контрольными. Установлено положительное влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на морфометрические показатели *Glycine max* L.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты, предпосевная обработка, соя культурная, морфометрические показатели, недостаточное водообеспечение.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в условиях Республики Крым в связи с изменением климатических условий, а также с возрастающим антропогенным воздействием, актуальной является проблема устойчивости культурных растений к различным неблагоприятным факторам внешней среды [1]. Абиотические стрессоры вызывают у растений ряд изменений, которые проявляются на различных уровнях – от молекулярного уровня до организменного, и отражаются на продуктивности.

Засуха является одним из наиболее важных естественных стрессоров. Современные модели изменения климата прогнозируют, что в следующие десятилетия частота, интенсивность и продолжительность засухи увеличится [2]. Территории с засушливым климатом по разным оценкам занимают от 35 до 45 % суши [3, 4]. Засуха – критический фактор, лимитирующий процессы роста и развития растений [3]. В условиях пониженной почвенной влажности быстро тормозится клеточное деление и растяжение, что приводит к формированию мелких клеток. Вследствие этого задерживается рост самого растения, в первую очередь листьев и стеблей. Таким образом, недостаток влаги вызывает значительные и

постепенно усиливающиеся изменения большинства физиологических процессов в организме растений [5].

В связи с этим, изучение механизмов адаптации и устойчивости растений к засухе остается актуальной задачей современных исследований в физиологии растений [6]. Именно почвенная засуха наиболее сильно ингибирует как рост, так и процессы развития растений [7].

Следовательно, приоритетным направлением в растениеводстве является изучение механизма повреждающего действия осмотического стресса, вызванного засухой и способов повышения засухоустойчивости сельскохозяйственных культур. Засухоустойчивость культурных растений определяется совокупностью свойств, в основе которых лежат специфические адаптационные механизмы. Их изучение на разных уровнях организации растений имеет большое значение для увеличения урожая сельскохозяйственных растений на засоленных почвах [8].

Исследование этой проблемы ведется в двух направлениях: изучение физиологических механизмов засухоустойчивости и изменений, происходящих в растении под влиянием засухи [9].

В растениеводстве проводится поиск эффективных стимуляторов роста растений, действие которых направлено на сохранение водного баланса, увеличение урожая и повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды, в частности к осмотическому стрессу. К таким стимуляторам можно отнести технологии, которые основываются на воздействии физических факторов, например, низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ).

Применение КВЧ-излучения является простым, дешевым (малое энергопотребление) и экологически безопасным методом воздействия на прорастающие семена и может применяться для регуляции всхожести семян [10].

По данным литературы целенаправленное воздействие низкоинтенсивного КВЧ-излучения оказывает влияние на показатели роста и развития растений. Так, например, КВЧ-воздействие на растениях показало значительное увеличение всхожести семян и ускорение их роста по сравнению с необлученными семенами [11].

Показано, что воздействие ЭМИ КВЧ-излучения эффективно как в биологии и биотехнологии, а также в фармакологии, экспериментальной медицине, ветеринарии, растениеводстве, пищевой промышленности, физике, химии и т.д. [12, 13].

Соя культурная является одной из распространенных зернобобовых и масличных культур. Экономически выгодная культура и отличается высокой экологичностью, так как не требует внесения синтетических азотных удобрений, однако является не устойчивой культурой к осмотическому стрессу [14, 15].

Так как действие КВЧ-излучения на ранние стадии онтогенеза *Glycine max* L. сорта Аполлон в условиях осмотического стресса не изучено, это и послужило целью наших исследований.

Цель работы – изучение влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) (длина волны – 7,1 мм; частота излучения – 42,3 ГГц; плотность потока мощности облучения – 0,1 мВт/см²) на

морфометрические показатели *Glycine max* L. в условиях недостаточного водообеспечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

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

Объектом наших исследований служили семена и растения сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.), сорт Аполлон.

При проведении экспериментов использовали терапевтические генераторы «КВЧ. РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» (регистрационное свидетельство № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине).

Семена подвергались воздействию данного физического фактора однократно непосредственно перед посевом, экспозиция 30 минут.

Семена сои культурной (*Glycine max* L.), сорт Аполлон отбирали по средним размерам и замачивали на 20 минут в растворе перекиси водорода для дезинфекции.

Семена проращивали в кюветах на увлажненной фильтровальной бумаге по 25 семян в каждой, по 3 повторности. Для моделирования осмотического стресса в кюветы приливали по 150 мл раствора с концентрацией сахарозы – 4,4 % , 7,4 % и 10,5 % , что которые создавали осмотическое давление: 6, 9 и 12 атмосфер (атм), соответственно. В контрольном варианте семена проращивали с добавлением дистиллированной воды. На седьмые сутки определяли прорастание семян (P, %). Для этого в опытном и контрольном вариантах подсчитывали количество семян, давших корешок минимальной длины, затем среднее количество проросших семян в растворе сахарозы (a) выражали в процентах от числа семян, проросших в контроле (b), то есть

$$P = (a/b) \times 100 \% \quad (1)$$

Чем выше процент прорастания семян в растворе сахарозы, тем более засухоустойчив образец.

Схема опыта:

Контроль 1 – семена, с добавлением H₂O дист.;

Контроль 2 – семена, подвергнутые КВЧ-облучению;

Опыт 1 – семена, с добавлением 4,4 % сахарозы;

Опыт 2 – семена, с добавлением 7,4 % сахарозы;

Опыт 3 – семена, с добавлением 10,5 % сахарозы;

Опыт 4 – семена, подвергнутые КВЧ-облучению, с добавлением в чашки Петри 4,4 % сахарозы;

Опыт 5 – семена, подвергнутые КВЧ-облучению, с добавлением в чашки Петри 7,4 % сахарозы;

Опыт 6 – семена, подвергнутые КВЧ-облучению, с добавлением в чашки Петри

10,5 % сахарозы.

Кюветы помещали в термостат типа (ТС–80–М–2) для проращивания (в течение 3 суток в темноте при +25 °С). Согласно требованиям государственного стандарта для сельскохозяйственных культур 12038–84 для *Glycine max* L. энергия прорастания определяется на 3-е сутки, а всхожесть семян на 7-е сутки.

Определение морфометрических показателей проводилось на 4-е, 7-е и 10-е сутки по общепринятым в физиологии растений методикам [16]. В качестве морфометрических показателей исследовались: высота растений, длина главного корня [16].

Определение полевой влажности. Для определения полевой влажности на месте взятия образца брали ножом массу почвы с заданной глубины. На технологических весах взвешивали алюминиевый стаканчик с крышкой, помещали в него 1/2–1/3 объема почвы и снова взвешивали, закрыв крышку. Образец высушивали в сушильном шкафу при температуре 105° С в течение 5 часов и после охлаждения снова взвешивали. Полевую влажность рассчитывали в весовых процентах по формуле:

$$A = a/v*100, \quad (2)$$

где А – полевая влажность, % (весовой); а – масса испарившейся влаги, г; в – масса сухой почвы; 100 – коэффициент в пересчете на % [16].

Оценка засухоустойчивости *Glycine max* L. по всхожести семян. При определении засухоустойчивости показателем устойчивости является всхожесть семян [16].

По результатам эксперимента были выделены следующие группы устойчивости семян, представленные в табл. 1.

Таблица 1.

Группы семян по засухоустойчивости

Группы засухоустойчивости	Процент всхожести семян соответственно группе
I – высокоустойчивые	> 80 %
II – устойчивые	61 – 80 %
III – среднеустойчивые	41 – 60 %
IV – слабо устойчивые	21 – 40 %
V – очень слабоустойчивые	< 20 %

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической, стандартное отклонение, критерий достоверности Стьюдента для сравнения двух выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных нами исследований по изучению низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на энергию прорастания семян *Glycine max* L. при модулируемой почвенной засухе представлены в табл. 2. Так, энергия прорастания в контрольном варианте составляет 75 %. КВЧ-воздействие на семена *Glycine max* L. вызвало увеличение данного показателя на 11 %.

Таблица 2.

Влияние низкоинтенсивного КВЧ-излучения на энергию прорастания и всхожесть семян *Glycine max* L. при осмотическом стрессе

Варианты опыта	Энергия прорастания, %	% к Контролю 1	Всхожесть семян, %	% к Контролю 1
Контроль 1 (H ₂ O)	75,0 ± 1,8	100,0	90,0 ± 2,1	100,0
Контроль 2 (КВЧ)	86,0 ± 1,7 *	114,7	98,0 ± 2,3 *	108,9
4,4 % сахарозы	67,0 ± 2,0 *	89,3	74,0 ± 2,0 *	82,2
4,4 % сахарозы + КВЧ	74,0 ± 1,5 *	98,7	82,0 ± 2,4 *	91,1
7,4 % сахарозы	62,0 ± 2,4 ***	82,7	66,0 ± 3,2 ***	73,3
7,4 % сахарозы + КВЧ	69,0 ± 2,0 н/д	92,0	70,0 ± 2,4 **	77,8
10,5 % сахарозы	50,0 ± 2,0 *	66,7	52,0 ± 1,4 ***	57,8
10,5 % сахарозы + КВЧ	54,0 ± 2,2 *	72,0	58,0 ± 2,0 **	64,4

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

Установлено, что в условиях недостаточного водообеспечения, вызванного сахарозой в концентрации 4,4 % (что соответствует 50–55 % от ППВ) энергия прорастания уменьшается в среднем на 8 % по сравнению с контролем 1 (70 % от ППВ). При предпосевном облучении ЭМИ и моделируемом осмотическом стрессе, энергия прорастания составляет 76 %, что на 4 % выше контроля 1. Следовательно, можно сделать вывод, что предпосевная обработка *Glycine max* L. повышает засухоустойчивость данной культуры и оказывает адаптогенное действие при осмотическом стрессе.

Установлено, что в условиях недостаточного водообеспечения, вызванное 7,4 % сахарозой (что соответствует 40–45 % от ППВ), облучение увеличивает энергию прорастания до показателя равному 69 %, что в среднем на 7 % выше, чем в вариантах без обработки (см. табл. 2). Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что низкоинтенсивное облучение развивает адаптогенные механизмы растений к влиянию недостаточного водообеспечения и достоверно повышает устойчивость проростков *Glycine max* сорта Апполон к осмотическому стрессу.

Как показали исследования, в условиях недостаточного водообеспечения показатели лабораторной всхожести семян изменяются также, как и показатели энергии прорастания. Так, например, в условиях осмотического стресса, вызванного 4,4 % сахарозой, у опытных вариантов процент всхожести семян составляет 74 %, тогда как у опытных вариантов, прошедших предварительное предпосевное облучение, изучаемый показатель на 8 % выше и составляет 82 % (табл. 2).

Влияние осмотического стресса на *Glycine max* L. начинается на начальном этапе, вследствие недостаточного поступления влаги в семена. С повышением осмотического стресса и влиянием его на прорастание семян, показатели энергии прорастания в опытных вариантах значительно снижаются, что приводит к уменьшению показателей всхожести при недостаточном водообеспечении, вызванном 7,4 % и 10,5 % сахарозы. Под действием абиотического стрессового фактора интенсивность обмена веществ в семенах снижается, что оказывает негативное влияние как на прорастание семян, так и на начальные процессы роста и развития проростков сои. Так, например, при осмотическом стрессе, вызванном 7,4 % и 10,5 % сахарозой, энергия прорастания семян достоверно понижается на 13,0 % и 25,0 %, соответственно. При наибольшем содержании сахарозы в среде проращивания, а именно 10,5 % сахарозы, прорастание семян ниже всех показателей вариантов опыта и составляет 50 %, что может быть связано с развитием плазмолиза в клетках, тормозящее прорастание семян.

Как показали исследования, предпосевная обработка семян с помощью КВЧ-излучения стимулирует повышение энергии прорастания *Glycine max* L. у опытных вариантов, по сравнению с контрольными вариантами. Так, например, в вариантах с 4,4 % + КВЧ энергия прорастания семян составляет 74 %, что на 7 % выше, чем у контрольных вариантов, проращиваемых в условиях осмотического стресса.

С возрастанием осмотического стресса, влияние КВЧ излучения на семена прослеживается. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ достоверно повышают энергию прорастания в опытных вариантах с 7,4 % и 10,5 % сахарозы в среднем, на 6–7 % по сравнению с контрольными вариантами.

Установленная тенденция положительного влияния КВЧ-излучения на энергию прорастания семян *Glycine max* L. прослеживается и при оценке лабораторной всхожести. При нормальных условиях данный параметр в среднем на 8 % выше контроля 1. При моделируемом осмотическом стрессе предварительное облучение дало положительный эффект – лабораторная всхожесть опытных растений увеличилась в среднем на 13 % по сравнению с контрольными (см. табл. 2).

Облученные семена быстрее набухали, что связано с повышением проницаемости мембран клеток оболочки семени для воды посредством изменения биофизических характеристик плазмалеммы.

Вместе с тем, что КВЧ-воздействие не вызвало в ходе проведения эксперимента видимых аномалий прорастания, способствовало ускорению роста зародышевого корешка, что могло быть связано с индукцией электрического потенциала и активацией роста рываждением вследствие электроиндуцированных потоков ионов.

Эффект влияния излучения зависит от параметров режима обработки семян, которые в свою очередь имеют индивидуальные характеристики для конкретного

вида семян и зависят от геометрического размера данных семян, влажности и целого ряда других как физиологических, так и радиофизических характеристик.

В результате выполненных исследований установлено, что ЭМИ выполняет адаптогенную функцию к воздействию в условиях моделируемого недостаточного водообеспечения на *Glycine max* L. Так в варианте с 4,4 % сахарозы (что соответствует 50–55 % от ППВ) лабораторная всхожесть семян увеличилась на 8 % по сравнению с контрольным вариантом 1 (семена не облученные ЭМИ КВЧ). Данную тенденцию мы прослеживаем и в опытном варианте с 7,4 % сахарозы (что соответствует 40–45 % от ППВ). При моделируемом осмотическом стрессе показатель всхожести семян вырос на 8 % относительно семян без воздействия на них излучения.

В основе адаптогенного действия растений к осмотическому стрессу лежат определенные физиологические механизмы, которые запускают реакции обмена веществ и стимулируют прорастание семян. Повысить засухоустойчивость возможно, применяя различные методы закаливания и обработки семян, которые будут способствовать мобилизации естественных механизмов защиты и появлению физиологических адаптаций. Положительный эффект воздействия ЭМИ КВЧ на сухие семена исследуемой культуры имеет практическое значение для технологии предпосевной обработки потому, что не требует предварительного замачивания семян, давая при этом заметное ростовое преимущество.

Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на изменение засухоустойчивости *Glycine max* L.

Как показали исследования, установлено, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ повышает устойчивость сои культурной к воздействию засоления, и, как следствие, увеличивает адаптационные свойства растения.

В ходе эксперимента было зафиксировано, что предпосевное облучение семян КВЧ увеличивает засухоустойчивость. Следовательно, при оптимальных условиях проращивания семена *Glycine max* являются высокоустойчивыми, а после предпосевного облучения сухих семян крайневисокочастотным излучением – высокоустойчивыми, при этом всхожесть увеличивается в среднем на 8 % (табл. 3).

Как свидетельствуют данные из таблицы 3 в условиях 10,5 % сахарозы, что соответствует 30–35 % от ППВ, ЭМИ не оказало значительного влияние на показатель засухоустойчивости *Glycine max* (сорт Аполлон) и данные растения считаются устойчивыми.

Таким образом, анализ экспериментальных данных, можно сделать вывод о адаптогенном действии электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на *Glycine max* при моделируемом осмотическом стрессе.

Таблица 3.
Влияние КВЧ на изменение засухоустойчивости *Glycine max* (сорт Аполлон) в условиях недостаточного водообеспечения

Варианты опыта	Всхожесть семян, %	Группы по засухоустойчивости
Контроль 1 (H ₂ O)	90,0 ± 2,1	I
Контроль 2 (КВЧ)	98,0 ± 2,3 *	I
4,4 % сахарозы	74,0 ± 2,0 *	II
4,4 % сахарозы + КВЧ	82,0 ± 2,4 ^{н/д}	I
7,4 % сахарозы	66,0 ± 3,2 ***	II
7,4 % сахарозы + КВЧ	70,0 ± 2,4 **	II
10,5 % сахарозы	52,0 ± 1,4 ***	III
10,5 % сахарозы + КВЧ	58,0 ± 2,0 ***	III

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при *P≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,00, н/д – различия недостоверны. Группы растений по солеустойчивости: I – высокоустойчивые, II – устойчивые, III – среднеустойчивые, IV – слабоустойчивые, V – очень слабоустойчивые.

Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на морфометрические параметры растений *Glycine max* L. в условиях недостаточного водообеспечения

Результаты исследования показали, что предварительное КВЧ-воздействие на семена сои культурной сорта Аполлон способствовало повышению их посевных качеств. Проростки, выращенные из семян, прошедших предпосевное облучение, обладают более высоким потенциалом развития, по сравнению с контрольными растениями.

Семена, прошедшие предпосевную обработку, выращивали в лабораторных условиях при температуре от +22 до +24 °С в течение 3 недель при четырех уровнях влажности почвы: оптимального – 70 % от полной полевой влагоемкости (ППВ) и засушливого – 30–35 %; 40–45 % и 50–55 % от ППВ. Влажность почвы периодически определяли и поддерживали на заданном уровне до конца эксперимента.

При нормальных условиях проращивания сои культурной до седьмых суток было установлено, что высота стебля составляет 12,9 см, а при действии почвенной засухи, вызванной недостаточным содержанием влаги, высота заметно понижается (табл. 4).

В ходе проведенных исследований была выявлена закономерность увеличения морфометрических показателей при предварительном воздействии на семена ЭМИ КВЧ. Так, например, в контрольном варианте 2 (при нормальных условиях) длина надземной части 7-дневного растения составляет 16,3 см, что на 3,4 см выше, чем у контрольного варианта 1.

Таблица 4.
Влияние ЭМИ ММ на высоту надземной части *Glycine max* L.

Варианты опыта	Высота надземной части, см (M±m)	
	7-е сутки	10-е сутки
Контроль H ₂ O (70 % ПВ)	12,9 ± 0,3	17,1 ± 0,3
Контроль2 (КВЧ)	16,3 ± 0,2 *	18,4 ± 0,4 ***
Водный дефицит (55 % ПВ)	9,8 ± 0,2 *	11,4 ± 0,5 *
Водный дефицит (45 % ПВ)	7,4 ± 0,3*	8,2 ± 0,3 *
Водный дефицит (35 % ПВ)	6,2 ± 0,2	7,9 ± 0,2
Водный дефицит (55 % ПВ) + КВЧ	10,8 ± 0,4 ***	13,4 ± 0,3 **
Водный дефицит (45 % ПВ) + КВЧ	8,1 ± 0,1 *	10,2 ± 0,2 *
Водный дефицит (35 % ПВ) + КВЧ	7,1 ± 0,3	8,8 ± 0,3

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

При действии длительного осмотического стресса на ранних этапах онтогенеза *Glycine max*, морфометрические параметры проростков существенно снижаются начиная с 7-х суток. Это можно объяснить тем, что осмотический стресс оказывает подавляющее действие на процессы митотического цикла, это и обуславливает замедление развития растений. Что касается надземных органов, то в стебле наиболее подвержены воздействию стрессового фактора (а именно засоления) клетки проводящей системы.

Так, при искусственно созданом осмотическом стрессе (водный дефицит 35 % ПВ) наблюдается ингибирование роста *Glycine max*. Опытные растения на 6,7 см ниже контрольный (см. табл. 4). Данную реакцию растения можно объяснить тем, что данная культура, а именно *Glycine max* (сорт Аполлон), относится к сельскохозяйственным растениям, нуждающимся в систематическом поливе.

При выращивании опытных растений в условиях водный дефицит 45 % ПВ исследуемый параметр – высота побега, на 7-е сутки снизился в среднем на 5,5 см. по сравнению с контрольными вариантами опыта. Более высокий осмотический стресс, вызванный водным дефицитом 35 % ПВ ингибирует рост надземной части растения на 6,7 см по сравнению с контролем 1 и на 10,1 см – с контролем 2. Следует отметить, что предварительное облучение семян ЭМИ ММ у 7-дневных проростков стимулирует увеличение высоты надземных органов *Glycine max* L., а у 10-дневных стимулирующий эффект также выражен (табл. 4).

Ингибирующее действие недостаточное водообеспечение, прежде всего, сказывается на развитии корневой системы, уже на начальных этапах развития *Glycine max* L. Так, например, в опытном варианте с водным дефицит (55 % ПВ) длина корня 4-х дневных проростков *Glycine max* L. составляет 4,8 см, но при

обработке семян, перед проращиванием, длина равняется 5,8 см, что на 10 см превышает контрольный вариант (табл. 5).

Таблица 5.
Влияние ЭМИ ММ на длину главного корня *Glycine max* L.

Варианты опыта	Длина главного корня, см ($M \pm m$)		
	4-е сутки	7-е сутки	10-е сутки
Контроль H ₂ O (70 % ПВ)	7,2 ± 0,3	8,5 ± 0,1	10,6 ± 0,2
Контроль2 (КВЧ)	8,7 ± 0,3 ***	9,9 ± 0,3 *	11,3 ± 0,3 *
Водный дефицит (55 % ПВ)	4,8 ± 0,1 *	5,6 ± 0,2 *	6,5 ± 0,3 *
Водный дефицит (45 % ПВ)	2,6 ± 0,1 *	3,0 ± 0,2 *	3,5 ± 0,3 **
Водный дефицит (35 % ПВ)	2,1 ± 0,2	3,0 ± 0,3	3,9 ± 0,2
Водный дефицит (55 % ПВ) + КВЧ	5,8 ± 0,2 *	6,4 ± 0,2 **	6,9 ± 0,3 **
Водный дефицит (45 % ПВ) + КВЧ	3,9 ± 0,2 *	4,5 ± 0,2 *	5,0 ± 0,2 *
Водный дефицит (35 % ПВ) + КВЧ	3,4 ± 0,3	4,0 ± 0,1	4,7 ± 0,1

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

Длина корневой системы на четвертые сутки проращивания в контрольном варианте 1 равна 7,2 см, что на 1,5 см меньше чем в контрольном варианте семена которого подвергались тридцатиминутному предпосевному облучению.

Исследование морфометрических признаков – длины главного корня на 4 сутки показало, что предпосевная обработка семян ЭМИ оказывает положительный эффект, стимулируя данный показатель в среднем, на 16 % относительно контроля 1.

ЭМИ оказывает адаптогенное действие и при более высоком осмотическом стрессе, а именно при водном дефиците 45 % ПВ. В опытном варианте при водном дефиците 45 % ПВ длина главного корня равна 2,6 см, а в варианте, семена которых подверглись облучению ММ диапазона – 3,9 см, что в 1,5 раза больше.

Стоит отметить, что моделируемый нами в лабораторных условиях осмотический стресс, вызванный недостаточным водообеспечением при водном дефиците 45 % ПВ ингибировал начальное развитие корневой системы *Glycine max* L. Это можно объяснить тем, что выбранная нами культура в качестве объекта исследования, является не устойчивой к влиянию засухи.

Дальнейшее культивирование *Glycine max* L. показывает, что стимулирующий эффект влияния КВЧ излучения на длину корневой системы сохраняется в динамике развития и до 7-х, и до 10-х суток.

Так, например, при оптимальных условиях культивирования, на седьмые сутки длина главного корня в контрольном варианте опыта (с действием электромагнитного излучения) равняется 9,9 см, что является выше на 1,6 см, чем контрольный вариант.

В результате анализа влияния водного стресса на сою мы наблюдаем, что осмотический стресс, вызванный недостаточным водообеспечением, ингибирует рост корневой системы. С повышением уровня стресса, эффект негативного влияния повышается. Как видно из данных таблицы, на четвертые сутки длина корня у 7-дневных растений при водном дефиците 35 % ПВ равна 3,0 см, а в контрольном варианте – 8,3 см разница составляет 5,3 см. Проследивая в динамике рост и развитие корневой системы *Glycine max* L. в условиях повреждающего действия абиотического фактора можно отметить, что на 7-е сутки исследуемый показатель равен 3,9 см. Данное значение отличается от контроля 1 на 6,7 см. На протяжении всего эксперимента данная закономерность влияния негативного абиотического фактора сохраняется.

Проведя оценку морфометрических параметров проростков *Glycine max* L. культивируемых при моделируемой почвенной засухе можно сделать вывод, что высота побега и длина главного корня существенно отличается уже у 3-дневных проростков по сравнению с контрольными растениями, пророщенными в нормальных условиях. Это можно объяснить нарушением водного обмена у проростков на самых ранних этапах роста и развития.

Достоверно полученные экспериментальные данные по предпосевному облучению семян миллиметровыми волнами позволяют говорить о применении миллиметрового облучения для *Glycine max* L. как экологически чистой технологии, что приводит к увеличению морфометрических параметров у исследуемых растений, при неблагоприятных условиях среды, а именно осмотическом стрессе.

Как свидетельствуют полученные экспериментальные данные, использование низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ диапазона приводит к повышению значений всех исследуемых параметров у опытных растений по сравнению с контрольными растениями в условиях осмотического стресса, вызванного недостаточным водообеспечением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что предпосевное облучение ЭМИ КВЧ повышает засухоустойчивость *Glycine max* L. сорта Аполлон. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть увеличивается в среднем на 8–12 % при моделируемом осмотическом стрессе у опытных вариантов по сравнению с контрольными.
2. Установлено положительное влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на морфометрические показатели *Glycine max* L., при этом достоверно увеличивается высота побега на 14 %, длина главного корня – на 18 % у опытных растений по сравнению с контрольными, в условиях недостаточного водообеспечения.

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

Список литературы

1. Бугара А. М. Влияние препарата «Geoplus» на устойчивость к засолению и засухе растений кукурузы на ранних этапах онтогенеза / А. М. Бугара, С. Н. Кабузенко, А. В. Омельченко // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2006. – Т. 19 (58), № 1. – С. 3–7.
2. Chaves M. M. Photosynthesis under Drought and Salt Stress: Regulation Mechanisms from Whole Plant to Cell / Chaves M. M., Flexas J., Pinheiro C. // *Ann. Bot.* – 2009. – Vol. 103. – P. 551–560.
3. Жук О. И. Адаптация растений к почвенной засухе / О. И. Жук // Физиология и биохимия культурных растений. – 2022. – Т. 43, № 1. – С. 26–37.
4. Пьянков В. И. Основные тенденции изменения растительности Земли в связи с глобальным потеплением климата / В. И. Пьянков, А. Т. Мокроносов // Физиология растений. – 1993. – Т. 40, № 4. – С. 515–531.
5. Генкель П. А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений / П. А. Генкель – М.: Высшая школа, – 1982. – 280 с.
6. Маевская С. Н. Реакция антиоксидантной и осмопротекторной систем проростков пшеницы на засуху и регидратацию / Маевская С. Н., Николаева М. К. // Физиология растений. – 2013. – Т. 60, № 3. – С. 351–359.
7. Николаев Е. В. Устойчивое функционирование аграрной отрасли Крыма в условиях рыночной экономики / Е. В. Николаев. – Симферополь, 2004. – 48 с.
8. Веселов Д. С. Реакция растений на засоление и формирование солеустойчивости / Д. С. Веселов, И. В. Маркова, Г. Р. Кудоярова // Успехи современной биологии. – 2007. – Т. 127, №5. – С. 482–493.
9. Терлецкая Н. В. Повреждающее действие абиотических стрессов на растительные клетки зерновых злаков / Н. В. Терлецкая // Труды Никитского ботанического сада. – 2009. – Т. 131. – С. 152–155.
10. Леус Н. Ф. Влияние микроволнового поля на некоторые химические показатели зерна пшеницы и ячменя / Н. Ф. Леус, С. Г. Коломийчук, Л. Г. Калинин [и др.] // Хранение и переработка зерна. – 2001. – № 1. – С. 41–44.
11. Теплякова Т. Е. Соя / Т. Е. Теплякова // В сб.: Теоретические основы селекции. Том. III. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур (люпин, вика, соя, фасоль). – С-Пб.: ВИР, 1995 – С. 196–217.
12. Чуян Е. Н. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е. Н. Чуян, Н. А. Темурьянц, О. Б. Московчук [и др.]. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
13. Чуян Е. Н. Нейроэндокринные механизмы действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайневысокой частоты (часть 1) / Е. Н. Чуян, Н. А. Темурьянц // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2005. – № 2 (38). – С. 3–22.
14. Балакай Г. Т. Соя: экология, агротехника, переработка / Г. Т. Балакай, О. С. Безуглова. – Ростов на Дону: Феникс, 2003. – С. 160.
15. Баранов В. Ф. Соя, биология и технология возделывания / В. Ф. Баранов, В. М. Лукомец. – Краснодар, 2005. – 433 с.
16. Третьяков Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков [и др.]: под ред. Н. Н. Третьякова – Москва: Колосс, 2003. – 288 с.

INFLUENCE OF LOW-INTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION OF A MILLIMETER RANGE ON THE GERMINATION OF *GLYCINE MAX* L. SEEDS UNDER CONDITIONS OF INSUFFICIENT WATER SUPPLY

Chmeleva S. I., Sidyakin A. I., Dzheldubaeva E. R., Tumanyants K. N., Avramenko E. A.

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

In crop production, a search is being made for effective plant growth stimulants, the action of which is aimed at maintaining water balance, increasing yields and increasing plant resistance to adverse environmental factors, in particular, to osmotic stress. Such stimulants include technologies that are based on the influence of physical factors, for example, low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency. Since the effect of EHF radiation on the early stages of the ontogeny of *Glycine max* L. cv. Apollon under osmotic stress has not been studied, this was the purpose of our research.

The purpose of the work is to study the effect of low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency (EMR EHF) (wavelength – 7.1 mm; radiation frequency – 42.3 GHz; radiation power flux density – 0.1 mW / cm²) on the morphometric parameters of *Glycine max* L in conditions of insufficient water supply.

The results showed that the germination energy of *Glycine max* L. seeds under the influence of low-intensity EMR EHF significantly increased in comparison with the control values. With presowing EMR irradiation and simulated osmotic stress, the germination energy is 76 %, which is 4 % higher than the control. Therefore, it can be concluded that presowing treatment with *Glycine max* L. increases the drought tolerance of this crop and has an adaptogenic effect under osmotic stress. Analyzing the obtained data, it can be concluded that low-intensity irradiation develops adaptogenic mechanisms of plants to the influence of insufficient water supply and significantly increases the resistance of *Glycine max* seedlings of the Apollon variety to osmotic stress.

The established trend of the positive effect of EHF radiation on the germination energy of *Glycine max* L. seeds can also be traced when assessing laboratory germination. With simulated osmotic stress, preliminary irradiation had a positive effect – the laboratory germination of experimental plants increased compared to control values.

The positive effect of exposure to EMR EHF on dry seeds of the studied crop is of practical importance for the technology of presowing treatment because it does not require pre-soaking of seeds, while giving a noticeable growth advantage.

It is shown that presowing irradiation of seeds with EHF increases drought resistance. Therefore, under optimal germination conditions, *Glycine max* seeds are highly resistant, and after pre-sowing irradiation of dry seeds with extremely high-frequency radiation, they are highly resistant, while germination increases.

The results of the study showed that the preliminary EHF-exposure to the Apollon soybean seeds contributed to the improvement of their sowing qualities. Seedlings grown from seeds that underwent presowing irradiation have a higher development potential compared to control plants.

Reliably obtained experimental data on presowing irradiation of seeds with millimeter waves allow us to speak about the use of millimeter irradiation for *Glycine max* L. as an environmentally friendly technology, which leads to an increase in morphometric parameters in the studied plants, under adverse environmental conditions, namely osmotic stress.

As evidenced by the obtained experimental data, the use of low-intensity EMR EHF range leads to an increase in the values of all the studied parameters in experimental plants compared to control plants under conditions of osmotic stress caused by insufficient water supply.

Keywords: low intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency, pre-sowing treatment, cultivated soybean, morphometric indicators, insufficient water supply.

References

1. Bugara A. M., Kabuzenko S. N., Omelchenko A. V. Influence of the «Geoplus» drug on the resistance to salinization and drought of maize plants at the early stages of ontogenesis, *Scholars of Tavrich National University named after V. Vernadsky. Series: Biology, Chemistry*, **19 (58)**, 1, 3 (2006).
2. Chaves M. M., Flexas J., Pinheiro C. Photosynthesis under Drought and Salt Stress: Regulation Mechanisms from Whole Plant to Cell, *Ann. Bot.*, **103**, 551 (2009).
3. Beetle O. I. Adaptation of plants to soil drought, *Physiology and biochemistry of cultural plants*, **43(1)**, 26 (2022).
4. Piankov V. I., Mokronosov A. T. Main trends in vegetation of the Earth due to global warming of the climate, *Physiology of plants*, **40 (4)**, 515 (1993).
5. Genkel P. A. Physiology of heat and drought resistant plants, *M.: High School*, 280 (1982).
6. Maevskaya S. N., Nikolaeva M. K. Reaction of antioxidant and osprotector systems of wheat germination to drought and rehydration, *Physiology of plants*, **60 (3)**, 351 (2013).
7. Nikolaev E. V. Sustainable functioning of the agrarian sector of Crimea in the conditions of market economy, *Simferopol*, 48 (2004).
8. Veselov D. S., Markova I. V., Kudoyarova G. R. Reaction of plants to salinization and formation of salt resistance, *Successes of modern biology*, **127(5)** 482 (2007).
9. Terletskaya N. V. Damaging action of abiotic stress on plant cells of cereal grains, *Works of the Nikitsky Botanical Garden*, **131**, 152 (2009).
10. Leus N. F., Kolomiychuk S. G., Kalinin L. G. [et al.] Influence of microwave field on some chemical indicators of wheat and barley, *Storage and processing of grain*, **1**, 41 (2001).
11. Tepliakova T. Y. Soya, *B sp.: Theoretical bases of selection. Tom. III. Genofund and selection of cereal legumes (lupin, vik, soybean, beans)*, 196 (C-PB.: VIR, 1995).
12. Chuyan E. N., Temuryants N. A., Moskovchuk O. B. [et al.]. Physiological mechanisms of biological effects of low-intensity EMI HCH, *Simferopol: «Elinho» emergency*, 448 (2003).
13. Chuyan E. N., Temuryants N. A., Neuroendocrine mechanisms of action of low-intensity electromagnetic radiation of extreme frequency (part 1), *Millimeter waves in biology and medicine*, **2 (38)**, 3 (2005).
14. Balakai, G. T., Bezuglova O. S. Soya: ecology, agrotechnics, processing, *Rostov on Don: Phoenix*, 160 (2003).
15. Baranov V. F., Lukomets V. M. Soya, biology and cultivation technology, *Krasnodar*, 433 (2005).
16. Tretyakov N. N., Panichkin L. A., Kondratiev M. N., et. el. Workshop on plant physiology, *M.: ColosS*, 172 (2003).

УДК 612.06

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ
«АДАПТОВИТ» НА АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СПЕЦИАЛИСТОВ-
КИНОЛОГОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СМЕШАННОЙ СЛЮНЫ**

Яковенко А. А.^{1,2}, Колмакова Т. С.², Оксенюк О. С.², Смирнова О. Б.², Беликова Е. А.²

*¹ФГКУ ДПО «Ростовская школа служебно-розыскного собаководства МВД России»,
Ростов-на-Дону, Россия*

*²ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: 5maya@list.ru*

Представлены результаты исследования влияния на организм специалистов-кинологов биологически активной добавки «Адаптовит». Оценка воздействий осуществлялась по изменению содержания кортизола, общего белка, мочевины, активности альфа-амилазы смешанной слюны до и после выполнения ими профессиональной нагрузки со служебными собаками по поиску целевых веществ. Установлено, что биологически активная добавка «Адаптовит» снижает напряжение систем адаптации, повышает стрессоустойчивость и работоспособность специалистов-кинологов.

Ключевые слова: саливадиагностика, кортизол, альфа-амилаза, общий белок, мочевина, специалист-кинолог.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних десятилетий наблюдается повышенный интерес исследователей к изучению слюны и возможности ее использования с целью диагностики [1–5]. Слюна человека, по мнению многих авторов, представляет собой уникальный по своему составу биоматериал [2, 5–9]. Многие компоненты крови, имеющие диагностическое значение, обнаруживаются и в ротовой жидкости (смешанной слюне), проникая туда через гематосаливарный барьер [6, 10–12], чем и обусловлено все более широко распространяющееся использование данного биоматериала для проведения как фундаментальных, так и прикладных исследований. Большой интерес представляет то, что, по мнению многих ученых, состав смешанной слюны реагирует на изменение психоэмоционального состояния, а также отображает общее состояние организма [5, 7].

К преимуществам метода саливадиагностики относятся неинвазивность, простота сбора биоматериала, что делает метод доступным и удобным в использовании при проведении физиологических исследований вне стен медицинских учреждений, а также исключает стрессовый фактор, имеющий место при венепункции.

В настоящее время в литературе представлен ряд исследований, в которых биомолекулы, содержащиеся в слюне, рассматриваются как маркеры стресса.

Например, по содержанию кортизола и активности альфа-амилазы можно оценивать деятельность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси и реакцию вегетативной нервной системы на различные виды стресса [4, 6, 9]. Данные показатели могут изменяться в ответ на различные стрессовые нагрузки. Содержание общего белка и мочевины в слюне также зависит от функционального состояния организма [3, 13–17].

Роль кортизола в адаптивно-приспособительных реакциях является одной из основных и известна давно. Проникновение свободного кортизола из крови в слюну происходит достаточно быстро, поэтому уровень свободного кортизола в слюне отражает его количество в сыворотке крови [18]. Определение кортизола в слюне характеризуется высокими специфичностью и чувствительностью, что позволяет использовать данный метод в дифференциальной диагностике [11, 19]. Сбор слюны в отличие от забора крови позволяет избежать стрессовых реакций, что дает возможность получить более адекватную оценку состояния организма и производить неоднократный забор материала в течение дня. По мнению А. М. Лапшиной и др., кортизол в слюне является адекватным показателем, отражающим гормональные изменения в организме человека, связанные со стрессом, и может применяться при проведении различных функциональных тестов [18]. Существующая корреляция между уровнем кортизола в крови и в слюне позволяет оценивать реакцию организма на различные нагрузки, в том числе профессиональные.

В качестве биомаркеров стресса используют не только концентрацию кортизола в слюне, но также активность альфа-амилазы [20]. Альфа-амилаза является одним из самых важных ферментов слюны и может составлять до 10 % всех ее белков [2, 3, 5]. Рядом автором было показано изменение активности этого фермента в слюне в ответ на различные стрессовые воздействия на организм [3]. На секрецию альфа-амилазы слюны влияет деятельность вегетативной нервной системы и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Так, Е. Н. Дегтярев и др. выявили прямую корреляционную зависимость между субъективной оценкой тревоги испытуемых (беременных) и активностью альфа-амилазы [1]. Другие исследования подтвердили, что уровень альфа-амилазы в слюне заметно повышается в ответ на физическую нагрузку и может служить эффективным индикатором при неинвазивной оценке стресса [3, 7, 21].

Содержание общего белка и мочевины в слюне также представляет значительный интерес для прикладных исследований [10]. Содержание общего белка в слюне на порядок ниже его содержания в плазме крови [12], что объясняется тем, что белки крови слабо переходят через гематосаливарный барьер [22]. Тем не менее имеются данные о том, что колебания психоэмоционального и физиологического состояния человека влияют на содержание общего белка в слюне [3, 15]. Например, в исследованиях А. В. Еликова было показано значимое увеличение содержания общего белка в слюне студентов при учебной нагрузке в виде коллоквиума [14]. Такие же изменения у студентов были установлены М. М. Павловой, которая показала, что на фоне нервного напряжения в слюне отмечается значимое увеличение концентрации общего белка [15]. Повышение

этого показателя было установлено и у спортсменов после физической нагрузки. По данным П. Б. Джалилова, В. В. Шаройко, длительные физические нагрузки приводят к односторонним изменениям (увеличению) концентрации мочевины в крови и слюне [10, 13, 17].

В этой связи смешанная слюна как биологическая жидкость может использоваться для оценки функциональных резервов и реакции организма на физическую и психоэмоциональную нагрузку.

Работа специалиста-кинолога органов внутренних дел сопровождается повышенными физическими и психоэмоциональными нагрузками. Согласно ранее полученным нами данным, режим труда и отдыха сотрудников кинологических подразделений не способствует полноценному восстановлению ресурсов организма, в связи с чем имеется необходимость изучения влияния профессиональных нагрузок на специалистов-кинологов [23]. Однако недостаточная изученность данного вопроса, а также необходимость определения уровня стресса среди специалистов-кинологов с целью дальнейшего повышения их адаптационного потенциала и работоспособности определили актуальность нашего исследования.

Целью данной работы явилось изучение влияния биологически активной добавки «Адаптовит» на адаптационный потенциал специалистов-кинологов с помощью биохимических маркеров смешанной слюны в условиях тестовой нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе Ростовской школы служебно-розыскного собаководства МВД России и Ростовского государственного медицинского университета Минздрава России. В исследовании с соблюдением принципа добровольного информированного согласия приняли участие 20 практически здоровых специалистов-кинологов МВД России мужского пола, возраст которых составил от 21 года до 37 лет. Исследование начали после завершения периода срочной адаптации слушателей, прибывших на обучение в РШ СРС МВД России, к климатическим условиям, режиму, питанию и пр.

Адаптационный потенциал специалистов-кинологов оценивали по показателям смешанной слюны (содержание кортизола, активность альфа-амилазы, уровень общего белка и мочевины) в состоянии относительного покоя и сразу после тестовой нагрузки, которая заключалась в работе со служебной собакой по поиску целевых веществ в помещениях и прилегающей к ним открытой местности. Предложенная тестовая нагрузка предполагала как физическую нагрузку (преодоление препятствий), так и психоэмоциональное напряжение (специалисты-кинологи не знали, где спрятаны закладки), что свойственно для данной профессии. Непосредственно перед сбором смешанной слюны испытуемые трижды тщательно ополаскивали ротовую полость водой. Затем слюна собиралась в мерную пробирку в течение 5 минут. После центрифугирования в течение 10 минут при 3000 оборотов в минуту измерялся объем слюны, надосадочная жидкость собиралась в эппендорфы для хранения образцов при температуре – 70 °С до проведения лабораторного анализа.

Содержание кортизола в слюне определяли методом иммуноферментного анализа с помощью стандартного диагностического набора «Кортизол Плюс-ИФА» фирмы Хема-Медика. Концентрацию кортизола выражали в пг/мл. Для определения альфа-амилазы, общего белка, мочевины использовались соответствующие наборы реагентов компании «Ольвекс Диагностикум». Все лабораторные исследования проводились на базе центральной научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России.

Исследование проходило в два этапа с интервалом в 30 дней. На первом этапе были получены начальные показатели смешанной слюны всех специалистов-кинологов (общая группа, n=20) до и после ознакомительного выполнения тестовой нагрузки. Эти значения использовались для сравнения как контрольные показатели испытуемых в состоянии покоя и после тестовой нагрузки. Затем специалисты-кинологи в случайном порядке были распределены на две группы. Первая группа (n=10) – сравнения – не подвергалась дополнительным воздействиям. Вторая группа (n=10) специалистов-кинологов ежедневно в течение месяца 1 раз утром получала препарат на основе растительных адаптогенов «Адаптовит» (производитель – корпорация «Сибирское здоровье») по 3 дозы перорально согласно прилагаемой инструкции. Режим дня, питание, учебные и профессиональные нагрузки у специалистов-кинологов обеих групп в течение месяца были одинаковыми.

Дополнительно для субъективного определения самочувствия специалистов-кинологов использовался опросник самооценки состояния по авторской методике Л. Х. Гаркави [24].

Значимость различий изучаемых параметров между группами оценивали по t-критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований слюны, полученные на первом и втором этапах до и после профессиональной тестовой нагрузки, представлены в таблице 1.

Результаты первого этапа исследования показали, что выполнение тестовой нагрузки не привело к значимым изменениям объема выделяемой слюны, содержания кортизола, общего белка, мочевины, активности альфа-амилазы в смешанной слюне. Полученные результаты позволяют говорить, что тестовая нагрузка была подобрана правильно и соответствовала привычной профессиональной нагрузке – она не вызвала значительного напряжения со стороны вегетативной нервной системы, гормональной регуляции и метаболизма и сохранила адаптационный потенциал специалистов-кинологов.

В течение месяца все испытуемые адаптировались к условиям пребывания в школе. В группах были отмечены разнонаправленные изменения изучаемых показателей смешанной слюны, характеризующие активность вегетативной нервной системы и гормонального звена регуляции участвующих в исследовании специалистов-кинологов. Повторное выполнение тестового задания проходило при условии его оценивания, что максимально приближало его по физическому и психоэмоциональному напряжению к реальному выполнению служебных задач кинологического расчета.

Таблица 1

Показатели слюны специалистов-кинологов ($M \pm m$)

Группы	Период	Объем, мл	Кортизол, нг/мл	Альфа-амилаза, мг/(с*л)* 10^2	Общий белок, г/л	Мочевина, ммоль/л
Первый этап						
Группа контроля (n=20)	до нагрузки	2,9±0,2	4,2±0,5	44,4±2,7	3,8±0,3	4,8±0,4
	после нагрузки	2,7±0,2	3,2±0,4	46,1±2,5	3,4±0,3	5,1±0,4
Второй этап						
Группа 1 (сравнения) (n=10)	до нагрузки	2,4±0,2	3,2±0,6	38,0±3,2	2,1±0,2*	3,8±0,3*
	после нагрузки	2,1±0,3	2,0±0,4	34,2±3,0	3,4±0,7	3,8±0,5*
Группа 2 (Адаптовит) (n=10)	до нагрузки	2,2±0,2*	2,2±0,7*	37,9±2,7	2,0±0,3*	5,1±0,4**
	после нагрузки	2,5±0,3	2,6±0,7	40,4±3,2	2,1±0,2*	3,9±0,5

Примечание: * – статистически значимые различия показателей по отношению к группе контроля до или после нагрузки ($p < 0,05$)

** – статистически значимые различия показателей по отношению к группе сравнения до или после нагрузки ($p < 0,05$)

До нагрузки в группе сравнения все изучаемые показатели стали ниже по сравнению с контролем: содержание общего белка – на 44,7 %, кортизола – на 23,8 %, мочевины – на 20,8 %, объем слюны – на 17,2 %, активность альфа-амилаза – на 14,4 %. Это указывает на снижение напряжения систем адаптации через месяц пребывания в школе. Значимое снижение содержания общего белка и его повышение до уровня контрольных значений после нагрузки может быть обусловлено выполнением тестовых заданий на оценку. В работе А. С. Сарсацкой и Е. А. Егорова было выявлено снижение общего белка в слюне при умственной нагрузке и повышение при физической [16]. После выполнения нагрузки в группе сравнения наблюдалось незначительное снижение объема выделяемой слюны (на 12,5 %). Это свидетельствует об умеренной активации симпатического звена, что является адекватным ответом на физические и психоэмоциональные нагрузки. Уровень кортизола снизился на 37,5 %, то есть предложенная нагрузка сохранила направленность ответной реакции со стороны гормональной регуляции. Возможно, это связано с активным захватом гормона клетками для поддержания энергетического обмена при выполнении тестового задания. Кроме того, можно предположить ограничение его экскреции, в том числе и слюной, что может говорить об уменьшении нервного напряжения испытуемых как результате

адаптации к условиям школы и тренировке специалистов-кинологов. Это подтверждается снижением активности альфа-амилазы.

Представляет интерес тот факт, что во всех группах на всех этапах проведения исследования содержание мочевины в смешанной слюне несколько превышало значения нормы, которая колеблется от 1 до 3,3 ммоль/л. Повышенное значение данного показателя отмечается при высокоинтенсивных или продолжительных нагрузках стрессового характера. Была отмечена статистически значимая разница показателя мочевины до нагрузки группы сравнения со всеми другими группами (контроля, второй и третьей) – в группе сравнения данный показатель был самым низким и ближе всего находился к норме. Выполнение нагрузки не повлияло на показатель мочевины.

Во второй группе через месяц направленность изменений изучаемых показателей до нагрузки была такая же, как и в группе сравнения, однако установленные изменения были более выраженными, что позволяет говорить о снижении напряжения систем адаптации, повышении стрессоустойчивости. Исключение составляет мочевина, уровень которой стал выше и значимо отличался от показателя мочевины в группе сравнения (выше на 34,2 %). Препарат на основе растительных экстрактов мог способствовать усилению белкового обмена. Отмечено значимое по сравнению с контрольными значениями снижение объема слюны (на 24,1 %). Объем слюны является важным показателем, поскольку слюнные железы быстро реагируют на любые раздражители внутренних органов и систем организма. Как известно, при действии парасимпатического звена вегетативной нервной системы выделяется большое количество жидкой слюны, при действии симпатического звена – выделяется небольшое количество густой слюны с повышенным содержанием ферментов [3]. То есть применение биологически активной добавки «Адаптовит» в течение месяца привело к повышению активности симпатической нервной системы. Применение в течение месяца биологически активной добавки «Адаптовит» привело также к статистически значимому снижению содержания кортизола в слюне. По сравнению с контрольным значением показателя до нагрузки во второй группе содержание кортизола стало ниже почти в 2 раза (на 47,6 %). При этом у испытуемых второй группы выполнение нагрузки не привело к значительному повышению содержания кортизола, что может указывать на то, что биологически активная добавка «Адаптовит» повышает стрессоустойчивость. Это подтверждается снижением активности альфа-амилазы (на 14,6 %). Как и в группе контроля, предложенная тестовая нагрузка значительно не изменила активность этого фермента в смешанной слюне во второй группе. После месяца приема биологически активной добавки «Адаптовит», как и в группе сравнения, значимо снизилось содержание общего белка в смешанной слюне (на 47,4 %). Однако, в отличие от группы сравнения, этот показатель не изменился в ответ на предложенную нагрузку. При том, что уровень мочевины во второй группе до нагрузки был самым высоким, после нагрузки наблюдалось снижение исследуемого показателя на 23,5 %, он стал соответствовать таковому у испытуемых группы сравнения. Изменение содержания мочевины у этой группы

испытуемых дает основание полагать, что биологически активная добавка «Адаптовит» оказывает влияние на белковый обмен.

Таким образом, несмотря на сходную направленность изменений показателей в группе сравнения и во второй группе через месяц, ответ на нагрузку в двух группах отличался. Применение биологически активной добавки «Адаптовит» способствовало сохранению значений показателей после работы, то есть системы адаптации специалистов-кинологов выдерживали предложенную нагрузку, их адаптационный потенциал был достаточным для того, чтобы функциональное состояние при выполнении нагрузки оставалось без изменения.

В группе сравнения все показатели перед выполнением нагрузки по сравнению с исходными значениями снизились. Это может указывать на снижение уровня стресса у специалистов-кинологов, их адаптацию к условиям школы и работе со служебными собаками. Выполнение тестовых заданий специалистами-кинологами группы сравнения привело к снижению в смешанной слюне кортизола и активности альфа-амилазы. Это означает, что пик нервного напряжения для специалистов-кинологов данной группы приходился на момент, предшествующий непосредственной работе со служебной собакой, когда было объявлено, что задание будет выполняться на оценку. Ориентируясь на полученные результаты, можно предположить, что специалисты-кинологи эмоционально восприняли работу со служебной собакой на оценку, о чем свидетельствуют более высокие значения некоторых показателей смешанной слюны до нагрузки. Работа на оценку совместно с неосведомленностью при выполнении заданий (работа со «слепыми» закладками, о количестве и месте расположения которых специалист-кинолог не знает) приводила испытуемых к повышению психоэмоционального напряжения. Также повышенный уровень психоэмоционального напряжения, вероятно, связан с повышенной ответственностью, которую испытывают специалисты-кинологи, поскольку отвечают не только за свои действия, но и за действия закрепленных за ними служебных собак, от результата работы которых в практической деятельности могут зависеть жизнь и здоровье граждан.

Интересен тот факт, что в группе сравнения выполненная нагрузка привела к увеличению общего белка на 61,9 %, что, по мнению некоторых ученых, может быть связано с положительными эмоциями. Так, по мнению И. В. Григорьева и др., а также М. М. Павловой, качественный и количественный белковый состав человеческой слюны прямо коррелирует с его психоэмоциональным состоянием: при подавленных эмоциональных состояниях наблюдается снижение, а при эмоционально положительных – повышение общего белка в ротовой жидкости по сравнению с нормальным психическим состоянием [15, 25]. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что после выполнения тестовой нагрузки у специалистов-кинологов группы сравнения уровень психоэмоционального напряжения снизился.

Таким образом, группа сравнения продемонстрировала адекватный ответ здорового мужского организма на профессиональную нагрузку, что можно расценивать как показатель адаптации специалистов-кинологов к условиям пребывания, обучения и нагрузок в школе.

Прием биологической добавки «Адаптовит» в течение месяца привел к выраженному снижению объема слюны по сравнению с контрольными значениями, то есть препарат оказал умеренное стимулирующее действие на симпатическую нервную систему. Установленное на втором этапе до нагрузки уменьшение содержания в смешанной слюне кортизола, общего белка, активности альфа-амилазы позволяет говорить о снижении напряжения систем адаптации, повышении стрессоустойчивости. Это подтверждается сохранением значений показателей после выполнения предложенной нагрузки, за исключением уровня мочевины, который снизился до контрольных значений и значений группы сравнения. Снижение уровня мочевины является еще одним индикатором снижения уровня стресса и более быстрого восстановления после нагрузки. В целом сохранение значений показателей после нагрузки говорит о том, что специалисты-кинологи справляются с нагрузкой без значительного напряжения адаптационных систем. Все это подтверждается и результатами проведенного опроса самооценки состояния по методике Л. Х. Гаркави, который показал в данной группе сохранение хорошего сна, повышение активности и работоспособности по времени, меньшую, чем в других группах, раздражительность, меньшую по отношению к группе сравнения утомляемость сотрудников кинологических подразделений. «Адаптовит» изменил статус организма, нагрузка на новую сложившуюся систему не привела к изменению изучаемых показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало эффективность использования препарата «Адаптовит», который повышает активность симпатической нервной системы, оказывает умеренное стимулирующее действие на организм специалистов-кинологов, снижает утомляемость и раздражительность, повышает активность и работоспособность по времени.

Таким образом, при стандартных профессиональных нагрузках для поддержания организма специалиста-кинолога в тоне возможно использование биологически активной добавки «Адаптовит».

Список литературы

1. Дегтярёв Е. Н. Уровень альфа-амилазы слюны как показатель стресса у беременных / Е. Н. Дегтярёв, Е. М. Шифман, Г. П. Тихова // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2017. – Т. 11, № 1. – С. 22–28.
2. Машкин Д. В. Характеристика слюны как биологической жидкости. Основы саливадиагностики – роль слюны в диагностике болезней / Д. В. Машкин, М. И. Муравьев, У. М. Колесова // Гистология. Клиническая и экспериментальная морфология: сборник трудов третьей научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием 15–18 декабря 2017 г. / под ред. М. П. Разина. – Киров: Кировский государственный медицинский университет, 2018. – С. 36–42.
3. Сарсацкая А. С. Оценка психоэмоционального состояния и активности альфа-амилазы слюны у школьников / А. С. Сарсацкая // Современная наука: проблемы и пути их решения: сборник материалов Международной научно-практической конференции (10–11 декабря 2015 года). – Кемерово: КузГТУ, 2015. – С. 262–265.

4. Cozma S. Salivary cortisol and α -amylase: subclinical indicators of stress as cardiometabolic risk / S. Cozma, L. C. Dima-Cozma, C. M. Ghiciuc [et al.] // Brazilian Journal of medical and biological research. – 2017. – Vol. 50, № 2. – e5577.
5. Lac G. Saliva assays in clinical and research biology / G. Lac // Pathologie-biologie (Paris). – 2001. – Vol. 49, № 8. – P. 660–667.
6. Мякишева Ю. В. Неинвазивная диагностика состояния обменных процессов в организме: маркёры ротовой жидкости / Ю. В. Мякишева, А. В. Колсанов, М. Ю. Власов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 14–24.
7. Сарсацкая А. С. Изменение биохимических показателей слюны в ответ на умственную и физическую нагрузку у студентов-спортсменов / А. С. Сарсацкая, Е. А. Егоров, О. В. Булатова // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки: Материалы X Международной научно-практической конференции, 12–13 декабря 2016 г. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2016. – С. 1–7.
8. Турлак И. В. Слюна – основные направления исследования ее свойств / И. В. Турлак // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 4. – С. 154–165.
9. Ivković N. Biomarkers of Stress in Saliva. / N. Ivković, Đ. Božović, M. Račić [et al.] // Acta Facultatis Medicae Naissensis. – 2015. – Vol. 32, № 2. – P. 91–99.
10. Джалилов П. Б. Изменение показателей сыворотки крови и слюны тяжелоатлетов под влиянием тренировочной нагрузки / П. Б. Джалилов // Ученые записки Университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2012. – № 2 (84). – С. 58–62.
11. Фетисова Н. В. Проблемы информативности и достоверности оценки биомаркеров входящих в гормональный профиль пациента / Н. В. Фетисова // Физическая и реабилитационная медицина. Медицинская реабилитация. – 2019. – № 2. – С. 47–50.
12. Шамитова Е. Н., Изучение взаимосвязи биохимического состава слюны и плазмы крови у жителей Чувашии / Е. Н. Шамитова, Е. В. Зогова, Ю. Е. Щеглова // Актуальные вопросы оториноларингологии: материалы Межрегиональной научно-практической конференции 26 марта 2020 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, 2020. – С. 147–154.
13. Джалилов П. Б. Проблемы оценки воздействия физической нагрузки на организм студентов в процессе занятий / П. Б. Джалилов // Спортивно-массовая работа и студенческий спорт: возможности и перспективы: материалы III науч.-практ. конф. с междунар. участием; Санкт-Петербург, 1–2 декабря 2017 г. / под общ. ред. В. И. Храпова. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2017. – С. 48–54.
14. Еликов А. В. Значение исследований биохимических параметров ротовой жидкости для диагностики учебного стресса у студентов младших курсов / А. В. Еликов, Е. А. Серкина, П. И. Цапок // Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. – 2017. – № 3. – С. 65–67.
15. Павлова М. М. Исследование динамики биохимических показателей слюны студентов на фоне нервного напряжения / М. М. Павлова, И. В. Таренкова, А. А. Петрова // Научное обозрение. Биологические науки. – 2019. – № 2. – С. 57–62.
16. Сарсацкая А. С. Изменение ионной активности и концентрации белка слюны человека от умственной и физической нагрузки / А. С. Сарсацкая, Е. А. Егоров // Научный диалог: Молодой ученый: Сборник научных трудов по материалам III международной научной конференции 22 января 2017 г. – Санкт-Петербург: ЦНК МНИФ «Общественная наука», 2017. – С. 10–12.
17. Шаройко В. В. Перспективы использования биомаркеров в системе физической подготовки спортсменов / В. В. Шаройко, Е. Н. Курьянович, О. О. Борисова // Медико-биологические аспекты физической подготовки и спорта в Вооруженных силах Российской Федерации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 180-летию со дня рождения П. Ф. Лесгафта (1837–1909), Санкт-Петербург, 5–6 октября 2017 года. – Санкт-Петербург: Военный институт физической культуры, 2017. – С. 156–167.
18. Лапшина А. М. Исследование свободного кортизола в слюне для оценки функции коры надпочечников / А. М. Лапшина, Е. И. Марова, Н. П. Гончаров [и др.] // Проблемы Эндокринологии. – 2008. – Том 54, № 2. – С. 22–27.

19. Harrison R. F. Salivary cortisone to estimate cortisol exposure and sampling frequency required based on serum cortisol measurements / R. F. Harrison, M. Debono, M. J. Whitaker [et al.] // The Journal of clinical endocrinology and metabolism. – 2019. – Vol. 104, № 3. – P. 765–772.
20. Сарсацкая А. С. Определение активности альфа-амилазы слюны / А. С. Сарсацкая, Е. А. Егоров // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований: Материалы XIV международной научно-практической конференции, 19–20 декабря 2017 г. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2017. – Т. 2. – С. 1–3.
21. Koibuchi E. Exercise upregulates salivary amylase in humans (Review) / E. Koibuchi, Y. Suzuki // Experimental and therapeutic medicine. – 2014. – Vol. 7, № 4. – P. 773–777.
22. Биохимия полости рта: учебное пособие для студентов медицинского института специальности 31.05.03 – Стоматология / Е. В. Громова, Л. В. Зотова, Е. Н. Коваленко [и др.]. – Саранск: Афанасьев В. С., 2015. – 104 с.
23. Яковенко А. А. К вопросу изучения работоспособности специалистов-кинологов и служебных собак (результаты анкетирования) / А. А. Яковенко // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Проблемные вопросы служебной кинологии на современном этапе» (17 мая 2018 г., Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону: ФГКУ ДПО «РШ СРС МВД России», 2018. – С. 180–188.
24. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. Ч.1 / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина, Т. С. Кузьменко [и др.]. – Екатеринбург: Филантроп, 2002. – 196 с.
25. Григорьев И. В. Белковый состав смешанной слюны человека: механизмы психофизиологической регуляции / И. В. Григорьев, И. Д. Артамонов, Е. А. Уланова [и др.] // Вестник РАМН. – 2004. – № 36. – С. 36–47.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE SUPPLEMENT «ADAPTOVIT» ON THE ADAPTATION POTENTIAL OF DOG HANDLERS BY INDICATORS MIXED SALIVA

Yakovenko A. A.^{1,2}, Kolmakova T. S.², Oksenjuk O. S.², Smirnova O. B.², Belikova E. A.²

¹*Rostov Canine School of the Russian Ministry of Interior, Rostov-on-Don, Russia*

²*Rostov State Medical University of the Ministry of Health Care of Russia, Rostov-on-Don, Russia*

E-mail: Smaya@list.ru

The work of a dog handler is accompanied by increased physical and psychoemotional loads. Insufficient study of the influence of professional loads on stress resistance and adaptive potential of dog handlers determined the relevance of the study.

The study was conducted on the basis of the Rostov Canine School of the Russian Ministry of Interior and the Rostov State Medical University of the Ministry of Health Care of Russia. The study involved 20 male dog handlers without chronic diseases, whose age ranged from 21 to 37 years.

The effect of the biologically active supplement "Adaptovit" on the organism of dog handlers was assessed by changes in the content of cortisol, total protein, urea, the activity of alpha-amylase of mixed saliva before and after performing by them professional load with police dogs to search for target substances on the ground, in residential and non-residential buildings.

The use of biologically active supplement "Adaptovit" during the month led to a statistically significant decrease in the content of cortisol in mixed saliva. Compared with the control value of the indicator before the load, the content of cortisol became almost 2 times lower (by 47.6 %). At the same time, the performance of the professional load did not lead to a significant increase in the cortisol content of the tested dog handlers. This may indicate that the biologically active supplement "Adaptovit" increases stress resistance, which is confirmed by a decrease in alpha-amylase activity (by 14.6 %) during the month of intake of the supplement and the absence significant changes in the activity of this enzyme in the mixed saliva after professional load.

The use of biologically active supplement "Adaptovit" during the month contributed to the preservation of the values of indicators after work that is, the adaptation systems of dog handlers withstood the proposed load, their adaptation potential was sufficient so that the functional state remained unchanged during the load.

It was found that the biologically active supplement "Adaptovit" reduces the tension of adaptation systems, increases stress resistance and performance. Thus, biologically active supplement "Adaptovit" can be used at standard professional loads to keep the organism of dog handlers in good shape.

Keywords: salivadiagnostics, cortisol, alpha-amylase, total protein, urea, dog handler.

References

1. Degtyarev E. N., Shifman E. M., Tihova G. P., Salivary alpha-amylase as an indicator of stress in pregnant women, *Regional Anesthesia and Acute Pain Management*, **11** (1), 22 (2017).
2. Mashkin D. V., Murav'ev M. I., Kolesova U. M., Characteristics of saliva as a biological fluid, *Histology. Clinical and experimental morphology: proceedings of the third scientific and practical conference of students and young scientists with international participation on December 15-18, 2017*, edited by M. P. Razin (Kirov State Medical University Publ., Kirov, 2018), p. 36.
3. Sarsackaya A. S., Assessment of the psychoemotional state and the activity of salivary alpha-amylase in schoolchildren, *Modern Science: Problems and Ways to Solve Them: Collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference (December 10–11, 2015)* (KuzSTU Publ., Kemerovo, 2015), p. 262.
4. Cozma S., Dima-Cozma L. C., Ghiciuc C. M., Pasquali V., Saponaro A., Patacchioli F. R., Salivary cortisol and α -amylase: subclinical indicators of stress as cardiometabolic risk, *Brazilian Journal of medical and biological research*, **50** (2), e5577 (2017).
5. Lac G., Saliva assays in clinical and research biology, *Pathologie-biologie (Paris)*, **49**(8), 660 (2001).
6. Myakisheva Yu. V., Kolsanov A. V., Vlasov M. Yu., Sokolov A. V., Non-invasive diagnostics of the state of metabolic processes in the organism: markers of oral fluid, *Modern Problems of Science and Education. Surgery*, **5**, 14 (2017).
7. Sarsackaya A. S., Egorov E. A., Bulatova O. V., Changes in saliva biochemical parameters in response to mental and physical stress in student athletes, *Fundamental science and technology – promising developments: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, December 12-13, 2016* (CreateSpace, North Charleston, 2016), p. 1.
8. Turlak I. V., The saliva – the main directions of research of its properties, *Modern Problems of Science and Education. Surgery*, **4**, 154 (2020).
9. Ivković N., Božović Đ., Račić M., Popović-Grubač, D., Davidović B., Biomarkers of Stress in Saliva, *Acta Facultatis Medicae Naissensis*, **32** (2), 91 (2015).
10. Dzhililov P. B., Change of indicators of serum and saliva of weightlifters under the influence of training load, *Scientific notes of the University P. F. Lesgraft*, **2** (84), 58 (2012).

11. Fetisova N. V., Problems of the informative and the reliability of the assessment of biomarkers included in the hormonal profile of the patient, *Physical and Rehabilitation Medicine. Medical rehabilitation*, **2** (2), 47 (2019).
12. Shamitova E. N., Zotova E. V., Shcheglova Yu. E., Studying the relationship between the biochemical composition of saliva and plasma in the inhabitants of Chuvashia, *Topical issues of otorhinolaryngology: materials of the Interregional Scientific and Practical Conference on March 26, 2020* (I. N. Ulyanov Chuvash State University Publ., Cheboksary, 2020), p. 147.
13. Dzhaliylov P. B., Problems of assessing the effect of physical activity on the organism of students in the process of training, *Sports-mass work and student sports: opportunities and prospects: materials of the III scientific-practical. conf. with int. participation*; Sankt-Peterburg, December 1–2, 2017 (FGBOUVO «SPbGUPTD» Publ., Saint-Petersburg, 2017), p. 48.
14. Elikov A. V., Serkina E. A., Capok P. I., The importance of studying biochemical indices of the oral fluid for the diagnosis of learning stress in junior students, *Health, Demography, Ecology of Finno-Ugric People*, **3**, 65 (2017).
15. Pavlova M. M., Tarenkova I. V., Petrova A. A., Investigation of biochemistry changeable indicators of students' saliva under the influence of nervous strain, *Scientific review. Biological sciences*, **2**, 57 (2019).
16. Sarsackaya A. S., Egorov E. A., Changes in the ionic activity and concentration of human saliva protein from mental and physical exertion, *Scientific dialogue: A young scientist: A collection of scientific papers based on the materials of the III International Scientific Conference on January 22, 2017* (CSC ISRF «Social Science» Publ., Saint-Petersburg, 2017), p. 10.
17. Sharojko V. V., Kur'yanovich E. N., Borisova O. O., Perspectives of using biomarkers in the training of athletes, *Biomedical aspects of physical training and sports in the Armed Forces of the Russian Federation: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 180th anniversary of the birth of P.F. Lesgaft (1837–1909)*, Saint Petersburg, October 5–6, 2017 (Military Institute of Physical Culture Publ., Saint Petersburg, 2017), p. 156.
18. Lapshina A. M., Marova E. I., Goncharov N. P., Arapova S. D., Rozhinskaya L. Ya., Study of free cortisol in the saliva for the evaluation of adrenal function, *Problems of Endocrinology*, **54** (2), 22 (2008).
19. Harrison R. F., Debono M., Whitaker M. J., Keevil B. G., Newell-Price J., Ross R. J., Salivary cortisone to estimate cortisol exposure and sampling frequency required based on serum cortisol measurements, *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, **104** (3), 765 (2019).
20. Sarsackaya A. S., Egorov E. A., Determination of salivary alpha-amylase activity, *Topical areas of fundamental and applied research: Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference, December 19-20, 2017* (CreateSpace, North Charleston, 2017), p. 1.
21. Koibuchi E., Suzuki Y., Exercise upregulates salivary amylase in humans (Review), *Experimental and therapeutic medicine*, **7** (4), 773 (2014).
22. *Biochemistry of the oral cavity: a textbook for students of the medical institute, specialty 31.05.03 – Dentistry*, E. V. Gromova, L. V. Zotova, E. N. Kovalenko, L. YA. Labzina, 104 p. (Afanas'ev V. S. Publ., Saransk, 2015).
23. Yakovenko A. A., On the issue of studying the working capacity of dog handlers and police dogs (results of the questionnaire), *Materials of the VII International Scientific and Practical Conference "Problematic Issues of Service Cynology at the Present Stage" (May 17, 2018, Rostov-on-Don)* (Rostov canine school of the Russian Ministry of Interior, Rostov-on-Don, 2018), p. 180.
24. Garkavi L. H., Kvakina E. B., Kuz'menko T. S., Shihlyarova A. I., *Antistress reactions and activation therapy. Activation reaction as a path to health through self-organization processes*. CH.1, 196 p. (Filantrop Publ., Ekaterinburg, 2002).
25. Grigor'ev I. V., Artamonov I. D., Ulanova E. A., Bogdanov A. S., Protein composition of mixed human saliva: mechanisms of psychophysiological regulation, *Annals of the RAMS*, **7**, 36 (2004).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 8 (74). 2022. № 2. С. 280–284.

УДК 553.635.1:666.913.2

ВЛИЯНИЕ ТЕТРАБОРАТА НАТРИЯ (БУРЫ) НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА

Гришковец В. И.¹, Грунский Н. В.¹, Яковишин Л. А.², Корж Е. Н.²

*¹Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия
E-mail: vladgri@ukr.net*

Изучена концентрационная зависимость ингибирующего действия буры на процесс отверждения гипса и сравнение активности буры с ранее исследованным нами цитратом натрия, который широко используется в качестве замедлителя в промышленно выпускаемых гипсовых составах. Показано, что оптимальный диапазон концентраций рабочих растворов буры составляет 0,0125–0,025 М (0,48–0,96 %) без потери механической прочности отливок, но ингибирующее действие тетрабората натрия в 2–4 раза слабее в сравнении с тризамещенным цитратом натрия.
Ключевые слова: вяжущие материалы, гипс, бура, цитрат натрия.

ВВЕДЕНИЕ

В литературе неоднократно сообщалось о применении декагидрата тетрабората натрия (буры) в качестве замедляющей добавки при изготовлении гипсовых изделий [1–7]. В приготовлении зуботехнического гипса также в качестве одного из замедлителей схватывания используется бура [8]. Эти же авторы указывают, что замедлители схватывания, особенно бура, увеличивают прочность гипса и уменьшают объемное расширение, а также повышают устойчивость отливок к горячей воде.

В настоящей работе исследовано влияние тетрабората натрия (буры) на процесс отверждения гипса. Хотя ранее и сообщалось об использовании буры для замедления схватывания гипсовой массы [1–8], однако систематического исследования этого процесса и сравнение эффективности действия буры с другими модификаторами не проводилось. Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение концентрационной зависимости ингибирующего действия буры на процесс отверждения гипса и сравнение активности буры с ранее изученным нами цитратом натрия [9], который широко используется в качестве замедлителя в промышленно выпускаемых гипсовых составах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались вещества: гипс строительный марки Г5, декагидрат тетрабората натрия (бура) ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) и цитрат натрия ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$).

Изучение ингибирующего действия тетрабората натрия проводилось аналогично описанной нами ранее [9] методике, заключающейся в быстром замешивании гипса с водой или растворами исследуемого модификатора с убывающей концентрацией (в весовой пропорции гипс/раствор – 1/0,65). Время начала процесса схватывания определялось по исчезновению глянцевого блеска исходной гипсовой массы, а время окончания отверждения – как момент потери пластичности при надавливании на гипсовую массу твердым (металлическим или стеклянным) предметом.

Диапазон исследованных молярных концентраций водных растворов буры (от 0,1 М до 0,0016 М) определялся в верхней границе растворимостью буры при комнатной температуре, а в нижней – практическим отсутствием эффекта ингибирования. В том же диапазоне концентраций для сравнения ингибирующего действия одновременно тестировались и растворы тризамещенного цитрата натрия. Концентрации исследованных растворов уменьшались с шагом 1/2, что позволяло достаточно уверенно проследить зависимость ингибирующего действия от концентрации ингибитора. Полученные результаты приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Ингибирующее действие растворов тетрабората и цитрата натрия на процесс отверждения гипса

С, моль/л	Тетраборат натрия		Цитрат натрия	
	Начало отверждения, мин.	Окончание отверждения, мин.	Начало отверждения, мин.	Окончание отверждения, мин.
0,0000	6	20	6	20
0,0016	7	25	14	35
0,0031	8	30	40	70
0,0063	10	35	50	100
0,0125	15	40	70	180
0,025	35	60	80	400
0.05	100	500	120	300
0,10	80	400	100	250

Таблица 2

**Прочность отливок гипса и эффективные концентрации растворов
тетрабората и цитрата натрия**

С, моль/л	Тетраборат натрия		Цитрат натрия	
	Прочность	Эффективная концентрация	Прочность	Эффективная концентрация
0,0000	+	–	+	+
0,0016	+	–	+	+
0,0031	+	–	+	+
0,0063	+	+	+	+
0,0125	+	++	+	++
0,025	+	+++	+	++
0,05	–	–	+	+++
0,10	–	–	+	++

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показывает, что эффективное ингибирующее действие тетрабората натрия проявляется при концентрациях от 0,0125 М и выше, тогда как у цитрата натрия эффект действия проявляется даже при концентрации 0,0016 М, а при самых высоких исследованных концентрациях эффекты сближаются, хотя все равно цитрат натрия проявляет большую ингибирующую активность. Качественное исследование прочностных свойств полученных образцов гипсовых отливок показало, что во всем изученном диапазоне концентраций цитрата натрия прочность отливок не снижается, тогда как для двух самых высоких концентраций затворяющих растворов буры (0,05 и 0,1 М) наблюдалось значительное снижение механической прочности полученных отливок, и они рассыпались при механическом воздействии. Количественное изучение прочностных свойств гипсовых отливок с различными модификаторами предполагается в дальнейшем в отдельном исследовании.

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что в сравнении с цитратом натрия эффективность тетрабората натрия примерно в 2–4 раза ниже. Рекомендуемый для практического использования диапазон концентраций тетрабората натрия от 0,0125 до 0,025 М (0,25–0,50 %, или 4,8–9,6 г/л для декагидрата), тогда как для цитрата натрия этот диапазон значительно шире, от 0,0031 до 0,05 М (0,08–1,3 %, или 1,0–18 г/л для 5,5-гидрата) в зависимости от желаемого времени начала схватывания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучена концентрационная зависимость ингибирующего действия водных растворов буры на процесс отверждения гипса.
2. Показано, что оптимальный диапазон концентраций рабочих растворов буры составляет 0,0125–0,025 М (0,48–0,96 %) без потери механической прочности отливок.
3. Показано, что ингибирующее действие тетрабората натрия в 2–4 раза слабее в сравнении с тризамещенным цитратом натрия.

Список литературы

1. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
2. Попов К. Н. Строительные материалы и изделия: учебник для вузов / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.
3. Пашенко А. А. Вяжущие материалы / А. А. Пашенко, В. П. Сербин, Е. А. Старчевская. – К.: Вища школа, 1985. – 440 с.
4. Байер В. Е. Архитектурное материаловедение / В. Е. Байер. – М.: Архитектура С, 2006. – 264 с.
5. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учебник для вузов / Л. М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2005. – 334 с.
6. Пустовгар А. П. Замедлители схватывания для сухих строительных смесей на основе полуводного гипса / А. П. Пустовгар // Тез. докл. Междунар. конф. «Baltimix 2012». – Рязань (Россия). – 2012. – С. 9–10.
7. Свойства строительного гипса, характеристики и его применение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.atlantlepnina.ru/articles/svoystva-stroitel'nogo-gipsa-kharakteristiki-i-ego-primenenie/> (дата обращения: 16.05.2022).
8. Гернер М. М. Материаловедение по стоматологии / М. М. Гернер, Е. Г. Аронов, А. Э. Рофе. – М.: Медгиз, 1962. – 256 с.
9. Гришковец В. И. Влияние солей лимонной кислоты на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, Л. А. Яковичин, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2016. – Т. 2 (68), № 3. – С. 83–89.

THE EFFECT OF SODIUM TETRABORATE (BORAX) ON THE GYPSUM CURING PROCESS

Grishkovets V. I.¹, Grunskiy N. V.¹, Yakovishin L. A.², Korzh E. N.²

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

²*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

E-mail: vladgri@ukr.net

In this paper, the effect of sodium tetraborate (borax) on the gypsum curing process is investigated. The aim of the study was to study the concentration dependence of the inhibitory effect of borax on the gypsum curing process and to compare the activity of borax with the sodium citrate previously studied by us.

The study of the inhibitory effect of sodium tetraborate was carried out similarly to the method described earlier, which consists in rapid mixing of gypsum with water or

solutions of the modifier under study with decreasing concentration (in the weight ratio of gypsum / solution – 1/0.65). The range of studied molar concentrations of borax aqueous solutions ranged from 0.1 M to 0.0016 M.

Analysis of the obtained results shows that the effective inhibitory effect of sodium tetraborate is manifested at concentrations from 0.0125 M and above, whereas in sodium citrate the effect of action is manifested even at a concentration of 0.0016 M. A qualitative study of the strength properties of the obtained gypsum castings samples showed that in the entire studied range of sodium citrate concentrations, the strength of the castings does not decrease, whereas for the two highest concentrations of sealing borax solutions (0.05 and 0.1 M), a significant decrease in the mechanical strength of the castings was observed.

Thus, the analysis of the results shows that in comparison with sodium citrate, the effectiveness of sodium tetraborate is about 2–4 times lower. The recommended range of concentrations of sodium tetraborate for practical use is from 0.0125 to 0.025 M (0.48–0.96 %), whereas for sodium citrate this range is much wider, from 0.0031 to 0.05 M (0.1–1.8 %), depending on the desired setting time.

Keywords: binding materials, gypsum, borax, sodium citrate.

References

1. Butt Yu. M., Sychev M. M., Tamashev V. V., *Chemical technology of knitting materials: the textbook for high schools*, 472 p. (High school, Moscow, 1980). (In Russ.).
2. Popov K. N., Kaddo M. B., *Building materials and products: a textbook for high schools*, 438 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
3. Paschenko A. A., Serbin V. P., Starchevskaya E. A., *Cementing materials*, 440 p. (High school, Kiev, 1985). (In Russ.).
4. Bayer V. E., *Architectural materials*, 264 p. (Architecture, Moscow, 2006). (In Russ.).
5. Sulimenko L. M., *The technology of mineral binding materials and products based on them: a textbook for high schools*, 334 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
6. Pustovgar A. P., Retarder for dry construction mixtures on the basis of plaster, *Abstr. of Internat. conf. "Baltimix 2012"* (Ryazan, 2012), p. 9. (In Russ.).
7. *Properties of building gypsum, characteristics and its application*, <http://www.atlantlepnina.ru/articles/svoystva-stroitel'nogo-gipsa-kharakteristiki-i-ego-primenenie/> (Accessed May 16, 2022). (In Russ.).
8. Gerner M. M., Aronov Or. G, Rofe A. E. *Materials science in dentistry*, 256 p. (Medgiz, Moscow, 1962). (In Russ.).
9. Grishkovets V. I., Yakovishin L. A., Korzh E. N., Effect of citric acid salts on the process of gypsum curing, *Scientific Notes of Crimean V. I. Vernadsky Federal University. Biology. Chemistry*, **2** (68), 83 (2016). (In Russ.).

УДК 547.917 + 542.97

ПОЛУЧЕНИЕ РЯДА ПЕРАЦЕТАТОВ α -О-МЕТИЛФЕНИЛГЛИКОЗИДОВ N-АЦЕТИЛГЛЮКОЗАМИНА В УСЛОВИЯХ МИКРОВОЛНОВОГО СИНТЕЗА

Цикалова В. Н.¹, Цикалов В. В.², Сарнит Е. А.¹, Уржаткина А. С.¹

¹Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

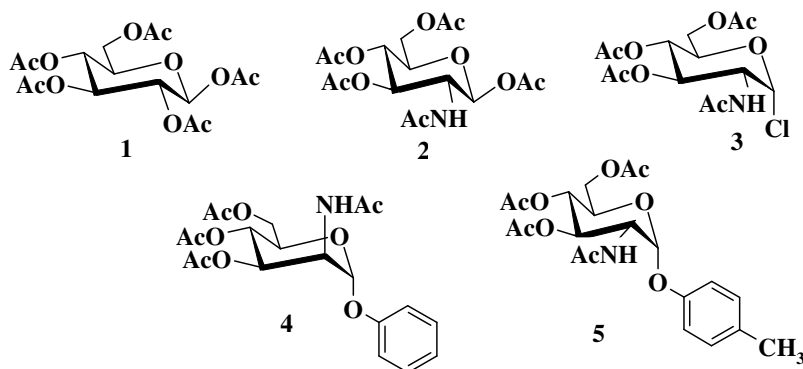
²Институт Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: vika.tim@list.ru

Осуществлено гликозилирование пентаацетата D-глюкозамина рядом метилфенолов *o*-крезолом, 3,5-диметилфенолом и 3,4-диметилфенолом в условиях сплавления в микроволновом реакторе «Mopowave 200» без растворителя в присутствии промотора ZnCl₂ при температуре 150° С. Структуры всех полученных гликозидов подтверждены методом ¹H ЯМР-спектроскопии.

Ключевые слова: α -гликозиды N-ацетилглюкозамина, фенолы, кислота Льюиса, микроволновой синтез.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных методов получения 1,2-*цис*-арилгликозидов сахаров является сплавление гликозил-доноров с фенолами в присутствии кислот Льюиса без растворителя [1, 2]. Как правило, в качестве гликозил-доноров в таких реакциях используют β -пентаацетаты сахаров **1**, **2**, поскольку эти производные устойчивы при высоких температурах в отличие от α - или β -галогенидов сахаров **3**. Однако соотношения гликозил-донора и фенола может быть самым разнообразным и подбирается к условиям реакции и типу сахара.



Так, 2-ацетамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -D-маннопиранозид гликозилировали при сплавлении с 10-кратным избытком фенола, при этом хлорид цинка(II) как промотор использовали в 1,5 кратном избытке [3]. Продукт реакции **4**

был выделен с выходом 74 %. *n*-Толил-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-ацетамидо-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид **5** был получен взаимодействием пентаацетата глюкозамина и пятикратного избытка *n*-крезола в присутствии эквимолярного количества безводного хлорида цинка(II). Сплавление производили в открытом сосуде при температуре 153–154 °С в течение 20 мин. Выход продукта **5** составил 30 % [4].

Однако в последнее время сплавление в микроволновом реакторе нашло применение в области углеводного синтеза. Микроволновое излучение как источник энергии позволяет значительно ускорить протекание большинства процессов, повысить производительность, селективность процессов, сократить затраты энергии. Показано, что время протекания реакций при микроволновом нагреве уменьшается до 200 раз при сравнимых выходах целевых продуктов [5–7]. В работе [8] смесь перацетата глюкозы, спирта жирного ряда и хлорида цинка облучали микроволнами в отсутствие растворителя. Температура реакции составляла 115 °С. Мощность облучения была ниже 60 Вт, чтобы избежать разложение сахара. В этих условиях гликозилирование было эффективным и дало высокие выходы глюкозидов за небольшие промежутки времени для всех спиртов. Однако для аминсахаров и фенолов подобные работы не проводились. Ранее на модельной реакции получения перацетата *O*- α -фенилгликозида *N*-ацетил-D-глюкозамина в условиях сплавления пентаацетата D-глюкозамина с фенолом было установлено оптимальное соотношение гликозил-донора к катализатору ZnCl₂ как 1:0,75. Максимальный результат был выявлен для синтезов, проведенных в течение 50 минут при температуре 150 °С. Однако данное исследование не проводилось на метилфенолах [9, 10].

Целью данной работы является получение новых перацетилованных 1,2-*цис*-арилгликозидов методом сплавления в микроволновом реакторе в присутствии кислоты Льюиса – хлорида цинка(II) при постоянном соотношении гликозил-донора к гликозил-акцептору и к катализатору, а также при постоянной температуре и одинаковом времени реакции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы: 2-ацетамидо-1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -D-глюкопиранозид [11], *o*-крезол, 3,4-диметилфенол, 3,5-диметилфенол, хлорид цинка.

Анализ состава реакционных смесей, чистоты синтезированных соединений, а также контроль хода реакций осуществляли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках Kieselgel 60-F254 (Merck) в системе растворителей бензол–пропан-2-ол, 10:1 (А). Вещества обнаруживали визуально по люминесценции в УФ (254 нм), и 5 % раствором серной кислоты в этаноле с последующим нагреванием хроматограмм до 200–300 °С.

Хроматографическую очистку для продуктов всех синтезов проводили на силикагеле Merck 240–400 меш. Использовали колонку диаметром 14 мм и массу силикагеля 6,0 г. Смесь для разделения смешивали с 1 г силикагеля, упаривали и наносили на колонку сухим способом. Применяли градиентное элюирование: бензол → бензол–пропан-2-ол, 100:1 → 80:1 → 60:1 → 40:1 → 20:1.

Спектр ^1H ЯМР получен на приборе Varian VXR-400 (400 МГц) (Институт живых систем Северо-Кавказского федерального университета, г. Ставрополь), внутренний стандарт – тетраметилсилан, химические сдвиги приведены в δ -шкале.

ESI⁺-MS снят на TSQ Quantum Access MAX (Thermo Scientific, Anton Paar).

Для сплавления использовали микроволновой реактор «Monowave 200» (производитель Anton Paar, Австрия), частота магнетрона 2455 МГц.

Общая методика получения и выделения

Смесь, состоящую из 500 мг (1,29 ммоль) 2-ацетида-1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -D-глюкопиранозид; 6,45 ммоль фенола; 132 мг (0,97 ммоль) хлорида цинка, подвергали сплавлению без растворителя в микроволновом реакторе «Monowave 200». Реакция протекала при температуре 150 °С, при перемешивании в течение 50 мин. По окончании синтеза (контроль ТСХ, система А) реакцию смесь растворяли в 30 мл хлороформа, органический слой промывали 5 мл 10 % NaOH и затем 10 мл воды, сушили безводным Na₂SO₄ и упаривали досуха с добавлением в реакцию смесь 1 г силикагеля. Конечные вещества выделяли методом колоночной хроматографии (КХ).

O-Толил-2-ацетида-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид (6).

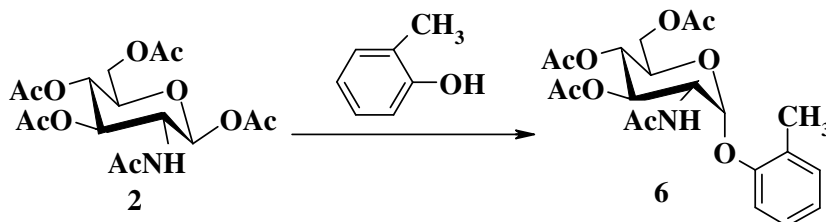


Рис. 1. Схема синтеза гликозида 6.

Реакцию проводили по общей методике с использованием 697 мг (6,45 ммоль) *o*-крезола (рис. 1). Выход гликозида 6: 21 %. Т пл.109–110°С; $[\alpha]_{546}^{+162,5}$ (с 1,0; CHCl₃).

Спектр ЯМР ^1H ЯМР (400 МГц, CDCl₃, КССВ J, Гц): 1,97 м.д., с; 2,05 м.д., с; 2,08 м.д., с; (12 H, NAc, 3 OAc), 2,32 м.д., с (3 H, CH₃), 4,02 м.д., дд и 4,26 м.д., дд (2 H, H-6a, H-6b, J_{6b, 6a} 12,4), 4,08 м.д., ддд (1 H, H-2, J_{2, 3} 9,6), 4,53 м.д., ддд (1 H, H-5, J_{5, 6a} 4,8, J_{5, 6b} 2), 5,24 м.д., дд (1 H, H-4, J_{4, 5} 10), 5,45 м.д., дд (1 H, H-3, J_{3, 4} 10), 5,59 м.д., д (1 H, H-1, J_{1, 2} 3,6), 5,82 м.д., д (1 H, NHAc, J_{2, NH} 9,2), 6,88–7,20 м.д., м (4 H, CH аром.).

ESI⁺-MS m/z 460.43 [M+Na]⁺, рассчитано для C₂₁H₂₇NO₉Na 460.52; 476.52 [M+K]⁺, рассчитано для C₂₁H₂₇NO₉K 476.63.

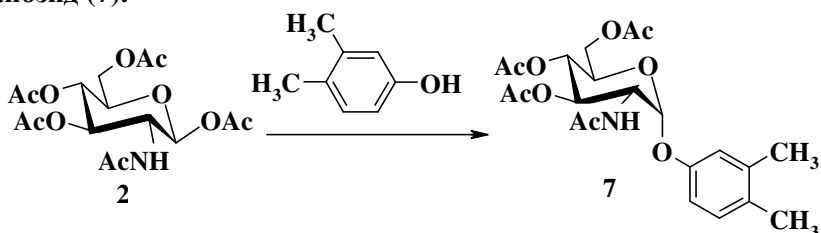
3,4-Диметилфенил-2-ацетидамо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид (7).

Рис. 2. Схема синтеза гликозида 7.

Реакцию проводили по общей методике с использованием 787 мг (6,45 ммоль) 3,4-диметилфенола. Выход аморфного гликозида **7** составил 6,4 %.

Спектр ^1H ЯМР (400 МГц, CDCl_3 , КССВ J, Гц): 1,98 м.д., с; 2,06 м.д., с; 2,08 м.д., с; (12 Н, NAc, 3 OAc), 2,23 м.д., с; 2,27 м.д., с; (6 Н, 2CH₃), 4,04 м.д., дд и 4,25 м.д., дд (2 Н, Н-6а, Н-6б, $J_{6b,6b}$ 12,4), 4,09 м.д., ддд (1 Н, Н-2, $J_{2,3}$ 10,8), 4,53 м.д., ддд (1 Н, Н-5, $J_{5,6a}$ 4,4, $J_{5,6b}$ 2,4), 5,24 м.д., дд (1 Н, Н-4, $J_{4,5}$ 10), 5,43 м.д., дд (1 Н, Н-3, $J_{3,4}$ 10), 5,54 м.д., д (1 Н, Н-1, $J_{1,2}$ 3,6), 5,84 м.д., д (1 Н, NHAc, $J_{2,NH}$ 10), 6,83–7,09 м.д., м (3 Н, CH аром.).

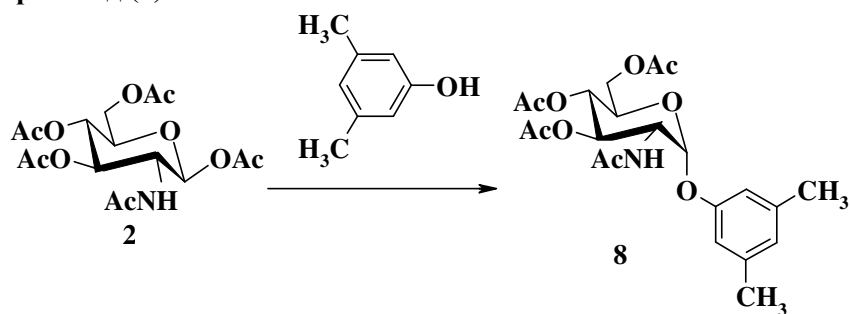
3,5-Диметилфенил-2-ацетидамо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид (8).

Рис. 3. Схема синтеза гликозида 8.

Реакцию проводили по общей методике с использованием 787 мг (6,45 ммоль) 3,5-диметилфенола (рис. 3). Выход аморфного гликозида **8**: 8,9 %.

Спектр ^1H ЯМР (400 МГц, CDCl_3 , КССВ J, Гц): 1,98 м.д., с; 2,07 м.д., с; 2,09 м.д., с; (12 Н, NAc, 3 OAc), 2,32 м.д., с (6 Н, 2CH₃), 4,05 м.д., дд и 4,22 м.д., дд (2 Н, Н-6а, Н-6б, $J_{6b,6b}$ 12,4), 4,08 м.д., ддд (1 Н, Н-2, $J_{2,3}$ 10,8), 4,53 м.д., ддд (1 Н, Н-5, $J_{5,6a}$ 4,4, $J_{5,6b}$ 2,4), 5,24 м.д., дд (1 Н, Н-4, $J_{4,5}$ 10), 5,45 м.д., дд (1 Н, Н-3, $J_{3,4}$ 10), 5,56 м.д., д (1 Н, Н-1, $J_{1,2}$ 3,6), 5,82 м.д., д (1 Н, NHAc, $J_{2,NH}$ 9,6), 6,48–6,82 м.д., м (3 Н, CH аром.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Описываемая в настоящей статье серия экспериментов была посвящена получению 1,2-*цис*-метилфенилгликозидов *N*-ацетил-D-глюкозамина в условиях сплавления в микроволновом реакторе «Monowave 200». Соотношения гликозил-донора, гликозил-акцептора, катализатора, а также время проведения реакции и температуру выбирали на основании результатов исследований микроволнового синтеза, проводимого ранее для взаимодействия пентаацетата **2** и фенола [10]. В качестве гликозил-донора был выбран 2-ацетамидо-1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -D-глюкопиранозид. В качестве метилфенолов в работе использовали *o*-крезол, 3,4-диметилфенол и 3,5-диметилфенол в 5-ти кратном избытке по отношению к гликозил-донору. Соотношение кислоты Льюиса $ZnCl_2$ к гликозил-донору брали как 0,75 к 1. Температура сплавления составляла 150 °С. Время синтеза было неизменным и составляло 50 минут. Сплавление приводили в микроволновом реакторе «Monowave 200». Полученные смеси очищали колоночной хроматографией и выделяли целевые гликозиды. В целом выходы новых гликозидов **6-8** были ниже, чем выход соответствующего α -фенилгликозида. В работе [10] выход α -фенилгликозида составил 61 % для тех же соотношений гликозил-донора, гликозил-акцептора и кислоты Льюиса. Выход *o*-толил-2-ацетамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозид составил 21 % в микроволновом реакторе «Monowave 200», 7 % и 9 % для *O*- α -3,4-диметилфенилгликозида **7** и *O*- α -3,5-диметилфенилгликозида **8**, соответственно. По-видимому, для данных агликонов нужно проводить дополнительные исследования и подбор условий реакции.

Строение полученных 1,2-*цис*-гликозидов **6-8** подтверждено ¹H-ЯМР спектроскопией. Основные сигналы и константы спин-спинового взаимодействия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные сигналы и константы спин-спинового взаимодействия для перацетатов 6-8 (400МГц, растворитель – CDCl₃)

Группа или атом	Химические сдвиги, м.д. (КССВ, Гц)		
	6	7	8
<i>H1</i> (<i>J</i> _{1,2})	5,59д (3.6)	5,54д (3.6)	5,56д (3.6)
<i>H2</i>	4,08ддд	4,09ддд	4,09ддд
<i>H3</i>	5,45дд	5,43дд	5,45дд
<i>H4</i>	5,24дд	5,24дд	5,24дд
<i>H5</i>	4,52ддд	4,53ддд	4,53ддд
<i>Hba,b</i>	4,26дд, 4,02дд	4,25дд, 4,04дд	4,22дд, 4,05дд
NAc, OAc	1,97с, 2,05с, 2,08с	1,98с, 2,06с, 2,08с	1,96с, 2,07с, 2,09с
NH (<i>J</i> _{2,NH})	5,82д (9.2)	5,84д (9.6)	5,82д (9.6)
<i>Cl-OAr</i> (H)	6,88–7,20м	6,83–7,09м	6,48–6,82м
<i>Cl-OAr</i> (Alk)	2,32с	2,23с; 2,27с	2,32с

В ПМР спектрах соединений α -арилгликозидов **6-8** идентифицированы сигналы углеводного фрагмента и протонов ароматического кольца агликона. Дублеты аномерных протонов имеют химические сдвиги 5,59 м.д., 5,54 м.д., и 5,56 м.д. соответственно. КССВ равна 3,6 Гц для всех структур, и характеризует *O*-1,2-цис-гликозидную связь. Также определяются четыре синглета ацетильных групп углеводного фрагмента с химическими сдвигами в области 1,96–2,09 м.д. Протоны амидных групп идентифицируются дублетами в области 5,82–5,84 м.д. Сигналы протона Н2 определены как мультиплеты (ддд) в области 4,08–4,09 м.д. Сигналы протонов Н3 и Н4 выражены как дублеты дублетов в области 5,43–5,45 м.д. и 5,24 м.д. соответственно. Мультиплеты протонов Н5 имеют химические сдвиги в области 4,52–4,53 м.д. Сигналы неэквивалентных протонов Н6а и Н6б выражены двумя дублет дублетами в областях 4,22–4,26 м.д. и 4,02–4,05 м.д.

Для соединения **6** синглет метильной группы ароматического кольца имеет химический сдвиг 2,32 м.д., а сигналы протонов ароматического кольца представлены мультиплетами в области 6,88–7,20 м.д. В случае соединения **7** два синглета метильных групп имеют химические сдвиги 2,23 м.д. и 2,27 м.д. соответственно, а сигналы протонов ароматического кольца представлены мультиплетами в области 6,83–7,09 м.д. Сигналы протонов ароматических метильных групп соединения **8** идентифицированы как синглеты с химическим сдвигом 2,32 м.д., а сигналы протонов ароматического кольца представлены мультиплетами в области 6,48–6,82 м.д.

Так же для идентификации *o*-толил-2-ацетамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- α -D-глюкопиранозиды (**6**) был использован метод масс-спектропии, что определяет молекулярную массу данного соединения. В масс-спектре наблюдаются и идентифицируются пики кластерных ионов $[M+H]^+$, $[M+Na]^+$ и $[M+K]^+$ с массовыми числами 446,31; 460,43; 476,52 а.е.м., чем подтверждается определяемая молекулярная масса соединения как 445 а.е.м., что соответствует брутто-формуле синтезированного соединения $C_{21}H_{28}NO_9$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение синтеза в микроволновом реакторе «Monowave 200» в присутствии промотора $ZnCl_2$ позволило получить ряд перацетилованных 1, 2-цис-арилгликозидов *N*-ацетил-D-глюкозамина: *O*- α -2-толил-, *O*- α -3,4-диметилфенил- и *O*- α -3,4-диметилфенилгликозидов.

Список литературы

1. Bernard W. Preparation of 2-acetamido-2-deoxy- α -glycopyranosides / W. Bernard // J. Org. Chem. – 1966. – Vol. 31, № 8. – P. 2505–2509.
2. Синтез α -фенилгликозида *N*-ацетилмурамоил-L-аланил-D-изоглутамина / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, В. В. Цикалов // Химия природных соединений. – 2020. – № 2. – С. 173–176.
3. Weissma B. Preparation of 2-Acetarnido-2-deoxy-a-glycopyranosides / B. Weissma // The Journal of Organic Chemistry. – 1969. – P. – 1690–1691.
4. Caddick S. Microwave enhanced synthesis / S. Caddick, R. Fitzmaurice // Tetrahedron. – 2009. – № 870. – P. 3325–3355.

5. Ребров, Е. В. Микроволновой органический синтез в микроструктурированных реакторах / Е. В. Ребров // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. – 2011. – Т. LV, № 2. – С. 34–42.
6. Синтез и прогнозируемая биологическая активность 1-(1H-бензимидазол-2-ил)-4,5-дигидро-3,4-дифенилпирозола / В. В. Цикалов, В. Н. Цикалова, М. Ю. Баевский [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71). – № 2. – С. 219–224.
7. Microwave-assisted synthesis of long-chain alkyl glucopyranosides / N. Ferlin, L. Duchet, J. Kovensky [et al.] // Carbohydrate Research. – 2008. – № 343. – P. 2819 – 2821.
8. Kuhn M. Ueber ein neues Glykosidierungsverfahren. Synthese von Epipodophyllotoxin-3-D-glucopyranosid / M. Kuhn und A. von Wartburg // Helvetica chimica acta. – 1968. – Vol. 51, № 7. – P. 1632–1636.
9. Цикалова В. Н. Исследование влияния хлорида цинка(II) в синтезе перацетата 1,2-дифенилгликозида N-ацетил-D-глюкозамина / В. Н. Цикалова, Н. А. Онищенко // «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского»: сб. тезисов участников, том 2, IV Научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых. – Симферополь: Издатель: Таврическая академия, 2018. – С. 514–515.
10. Цикалова В. Н. Синтез перацетатов α -О-арилгликозидов N-ацетилглюкозамина в условиях сплавления с хлоридом цинка(II) / В. Н. Цикалова, Н. А. Купреева // «Современные векторы устойчивого развития общества: роль химической науки и образования»: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня открытия Периодического закона химических элементов Д. И. Менделеевым / под ред. проф. А. В. Великородова и доц. Э. Ф. Матвеевой. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2019. – С. 11–13.
11. Голодников Г. В. Практикум по органическому синтезу: Учебное пособие. / Г. В. Голодников, Т. В. Мандельштам. – Л.: Издательство Ленинградского университета. – 1976. – С. 179.

PREPARATION OF A SERIES OF PERACETATES α -O-METHYLPHENYL GLYCOSIDES N-ACETYLGLUCOSAMINE BY MICROWAVE SYNTHESIS

Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., Sarnit E. A., Urzhatkina A. S.

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

This series of experiments was devoted to the preparation of *N*-acetyl-D-glucosamine 1,2-*cis*-methylphenyl glycosides under fusion conditions in microwave reactor «Monowave 200». 2-Acetamido-1,3,4,6-tetra-*O*-acetyl-2-deoxy- β -D-glucopyranoside was chosen as a glycosyl donor. *o*-Cresol, 3,4-dimethylphenol, and 3,5-dimethylphenol were used in the work in a 5-fold excess relative to the glycosyl donor. The ratio of the Lewis acid ZnCl₂ to the glycosyl donor was taken as 0,75 to 1. The fusion temperature was 150 °C. The synthesis time was unchanged and amounted to 50 minutes. The resulting mixtures were purified by column chromatography and the target glycosides were isolated. The yields of *o*-tolyl-, 3,4-dimethyl-, and 3,5-dimethylglycosides peracetates were 21 %, 7 %, and 9 %, respectively. The structure of all 1,2-*cis*-glycosides was confirmed by ¹H-NMR spectroscopy. In the PMR spectra of the compounds of all α -aryl glycosides, the signals of the carbohydrate fragment and protons of the aromatic ring of aglycone were identified. Doublets of anomeric protons have chemical shifts of 5.59 ppm, 5.54 ppm, and 5.56 ppm, respectively. The spin-spin interaction constants are

3.6 Hz for all structures and characterizes the *O*-1,2-*cis*-glycosidic bond. For compound *o*-tolyl-2-acetamido-3,4,6-tri-*O*-acetyl-2-deoxy- α -D-glucopyranoside the singlet of the methyl group of the aromatic ring has a chemical shift of 2.32 ppm, and the signals of the protons of the aromatic ring are represented by multiplets in the region of 6.88–7.20 ppm. In the spectrum of 3,4-dimethylphenyl-2-acetamido-3,4,6-tri-*O*-acetyl-2-deoxy- α -D-glucopyranoside two singlets of methyl groups have chemical shifts of 2.23 ppm and 2.27 ppm respectively, and the signals of aromatic ring protons are represented by multiplets in the region of 6.83–7.09 ppm. For the compound 3,5-dimethylphenyl-2-acetamido-3,4,6-tri-*O*-acetyl-2-deoxy- α -D-glucopyranoside the aromatic methyl group proton signals were identified as singlets with a chemical shift of 2.32 ppm, while the aromatic ring proton signals were presented as multiplets in the region of 6.48–6.82 ppm.

For additional identification of *o*-tolyl-2-acetamido-3,4,6-tri-*O*-acetyl-2-deoxy- α -D-glucopyranoside mass spectroscopy was used. It determines the molecular weight of a given compound. Peaks of cluster ions $[M+H]^+$, $[M+Na]^+$ and $[M+K]^+$ with mass numbers 446.31; 460.43; 476.52 a.m.u., which confirms the determined molecular weight of the compound as 445 a.m.u., which corresponds to the empirical formula of the synthesized compound $C_{21}H_{28}NO_9$.

Keywords: α -glycosides of *N*-acetylglucosamine, Lewis acid, fusion, microwave synthesis.

References

1. Bernard W. Preparation of 2-acetamido-2-deoxy- α -glycopyranosides, *J. Org. Chem.*, **31(8)**, 2505 (1966).
2. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Tsikalov V. V. Synthesis of *N*-Acetylmuramoyl-L-alanyl-D-isoglutamine α -phenylglycosides, *Chemistry of Natural Compounds*, **56(2)**, 193 (2020). (*in Russ.*)
3. Weissma B. Preparation of 2-Acetarnido-2-deoxy-a-glycopyranosides, *The Journal of Organic Chemistry*, 1690 (1969).
4. Caddick S., Fitzmaurice R.. Microwave enhanced synthesis, *Tetrahedron*, **870**, 3325 (2009).
5. Rebrov E. V. Microwave organic synthesis in microstructured reactors, *Journal of the Russian Chemical Society. DI. Mendeleev*, **LV(2)**, 34 (2011). (*in Russ.*)
6. Tsikalov V. V., Tsikalova V. N., Baevsky M. Yu., Nazhmedinova D. I. Synthesis and predicted biological activity of 1-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-4,5-dihydro-3,4-diphenylpyrazole, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*. **5 (71(2))**, 219 (2019). (*in Russ.*)
7. Ferlin N., Duchet L., Kovensky J., Grand E. Microwave-assisted synthesis of long-chain alkylglucopyranosides, *Carbohydrate Research*, **343**, 2819 (2008).
8. Kuhn R., Kirschenlohr W. β -Glucoside des *N*-Acetyl-D-glycosamins, *Chem. Ber.*, **86(10)**, 1331 (1953).
9. Tsikalova V. N., Onishchenko N. A. (2018) Study of the influence of zinc(II) chloride in the synthesis of 1,2-*cis*-phenylglycoside *N*-acetyl-D-glucosamine peracetate. Proceedings of the IV Scientific and Practical Conference of the faculty, graduate students, students and young scientists «Days of Science of KFU named after V. I. Vernadsky», vol. 2 (Russia, Simferopol, October 12–17, 2018), Simferopol, Publisher: Tauride Academy, pp. 514–515. (*in Russ.*)
10. Tsikalova V. N., Kupreyeva N. A. Synthesis of α -*O*-aryl glycoside *N*-Acetylglucosamine Peracetates under the Conditions of Fusion with Zinc (II) Chloride. Proceedings of the 1st All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation dedicated to the 150th anniversary of the opening of the Periodic Law of Chemical Elements by D. I. Mendeleev, 2019 (Russia, Astrakhan, March 27, 2019) (eds. AV Velikorodov and EF Matveeva), (Astrakhan, Publisher: House Astrakhan University, 2019) pp. 11–13. (*in Russ.*)
11. Golodnikov G. V., Mandelstam T. V. *Workshop on organic synthesis*. (Leningrad: Publishing House of the Leningrad University, 1976) (*in Russ.*)

УДК 547.918:543.42:615.074

ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ К ПИЩЕ «СИРОП ПЛЮЩА» БРОНХОЛОР

Яковишин Л. А.¹, Гришковец В. И.²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

²Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)

ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Проведен ТСХ-анализ биологически активной добавки к пище «Сироп плюща» Бронхолор[®]. При этом идентифицирован основной тритерпеновый гликозид, представляющий собой хедерасапонин С (3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозиловый эфир хедерагенина). В ИК-спектре сиропа плюща самая интенсивная полоса поглощения отнесена к валентным колебаниям ассоциированных связей О–Н.

Ключевые слова: биологически активная добавка к пище «Сироп плюща» Бронхолор[®], плющ обыкновенный, тритерпеновые сапонины, хедерасапонин С, ТСХ, ИК-Фурье-спектроскопия.

ВВЕДЕНИЕ

Тритерпеновые гликозиды обладают разнообразной биологической активностью [1]. Они обнаружены во многих лекарственных растениях [1]. В частности, найдены они и в представителях рода плющ *Hedera* L. (Araliaceae Juss.) [1–6]. Плющ традиционно используется в народной и официальной медицине в качестве средства для лечения кашля [1, 4, 7–9]. Листья плюща обыкновенного *Hedera helix* L. содержат тритерпеновые гликозиды [1, 2, 4, 6]. Наличие данных биологически активных веществ объясняет фармакологическую активность препаратов плюща [4, 10, 11]. На основе листьев плюща обыкновенного разработаны лекарственные препараты [1, 4, 7–9, 12, 13] и биологически активные добавки [14–17].

Недавно на российском рынке появилась отечественная биологически активная добавка к пище «Сироп плюща» Бронхолор[®] (аптечная марка Vitateka[®]), компоненты которой способствуют разжижению и отхождению мокроты [16]. В состав данного сиропа входят: вода, сорбит (подсластитель), глицерин (загуститель), экстракт плюща (0,7 г экстракта в 100 мл), аскорбиновая кислота (0,6 г в 100 мл), сорбат калия (консервант) и ароматизатор натуральный «Вишня» [16].

Ранее было проведено исследование тритерпеновых сапонинов ряда лекарственных средств [12, 13, 18] и пищевых добавок на основе листьев плюща [14, 17]. Настоящая статья посвящена выделению и ТСХ-анализу суммы тритерпеновых сапонинов из «Сиропа плюща» Бронхолор[®], а также его ИК-Фурье-спектроскопическому исследованию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали образец биологически активной добавки к пище «Сироп плюща» Бронхолор® (аптечная марка Vitateka®, производитель: ООО «Полярис», Российская Федерация; СГР № KZ.16.01.95.003.E.000534.07.17 от 14. 07. 2017 г.).

Выделение и ТСХ-анализ суммы тритерпеновых сапонинов. Для получения суммы тритерпеновых сапонинов к 1 мл средства приливали 1 мл *n*-бутанола, предварительно насыщенного водой. Смесь перемешивали в течение 15 мин и оставляли для расслоения жидкостей. Экстракцию проводили при 40 °С. Верхний (водно-спиртовой) слой отделяли и далее анализировали на наличие сапонинов методом восходящей ТСХ.

Вещества в полученном извлечении сравнивали с заведомыми образцами тритерпеновых гликозидов известного строения, выделенных нами ранее из листьев плющей канарского *Hedera canariensis* Willd. [3], крымского *Hedera taurica* Carr. [5] и обыкновенного *Hedera helix* L. [2]: 3-*O*- α -*L*-арабинопиранозидом олеаноловой кислоты, 3-*O*- α -*L*-арабинопиранозидом хедерагенина, 3-*O*-сульфатом олеаноловой кислоты, 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозидом олеаноловой кислоты, 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозидом хедерагенина (α -хедерином), 3-*O*-сульфат-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозидом олеаноловой кислоты, 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозидом олеаноловой кислоты и 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозидом хедерагенина (хедерасапонином С).

ТСХ проводили на высокоэффективных пластинках «Sorbfil» марки ПТСХ-П-В-УФ-254 с размером частиц силикагеля 8–12 мкм, тип сорбента СТХ-1ВЭ («Сорбполимер», Россия). Длина пластинок 10 см. На пластинки наносили по 0,02 мл водно-бутанольного экстракта. Сумму гликозидов добавки и образцы гликозидов известного строения наносили на одну и ту же пластинку для ТСХ. Для элюирования использовали систему растворителей CHCl_3 – CH_3OH –25 % водный NH_3 (100:40:4 по объему). Элюировали одно- и двукратно.

Детектирование тритерпеновых гликозидов на пластинках осуществляли 0,2 % раствором *para*-оксибензальдегида в 1 М растворе серной кислоты [19]. Хроматограммы после обработки реагентом нагревали до 100 °С при помощи нагревательного устройства для сушки пластин УСП-1М («Имид», Россия). Величины R_f хедерасапонины С составляют 0,08 (при однократном элюировании) и 0,12 (при двукратном элюировании). Для трех параллельных экспериментов погрешность определения R_f составляет $\pm 0,01$ – $0,03$.

ИК-Фурье-спектроскопия. Для съемки спектра использовали сироп плюща без предварительной подготовки. ИК-спектр получен на ИК-Фурье-спектрометре ФТ-801 (СИМЕКС, Россия). Съемку спектра осуществляли в специальной жидкостной кювете с регулируемой толщиной слоя исследуемой жидкости (СИМЕКС, Россия). Спектры получены в области 4000–550 cm^{-1} (спектральное разрешение 4 cm^{-1} ; 50

сканов). Для работы с ИК-спектрометром ФТ-801 использовали программу ZaIR 3.5 (СИМЕКС, Россия).

ИК-спектр «Сиропа плюща» Бронхолол® (ν , см^{-1}): 3404 (ОН), 2946 (СН), 2892 (СН), 1652 (Н–О–Н, С=О, С=C), 1557 (COO^-), 1493 ($\text{C}=\text{C}_{\text{Ar}}$), 1427 (СН, COO^-), 1337 (СН), 1084 (С–О–С, С–ОН), 1045 (С–О–С, С–ОН), 925 (моносахаридное кольцо), 859 (СН), 700 (Н–О–Н, ОН), 599 (CH_{Ar}).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Хроматографический анализ. Сапонины из сиропа плюща выделяли *n*-бутанолом, насыщенным водой. Хроматографический анализ показал, что в водно-бутанольном извлечении в основном содержится тритерпеновый сапонин 3-*o*- α -L-рамнопиранозил-(1→2)-*o*- α -L-арабинопиранозил-28-*o*- α -L-рамнопиранозил-(1→4)-*o*- β -D-глюкопиранозил-(1→6)-*o*- β -D-глюкопиранозид хедерагенина (хедерасапонин С; рис. 1). Гликозид был идентичен по своей хроматографической подвижности и сине-фиолетовому цвету зоны после обработки пластин детектирующим реагентом соответствующему заведомому образцу хедерасапонина С. При этом один из главных гликозидов плющей α -хедерин (3-*o*- α -L-рамнопиранозил-(1→2)-*o*- α -L-арабинопиранозид хедерагенина; рис. 2) [1–3, 5, 6] не удалось идентифицировать по тсх в данных условиях эксперимента.

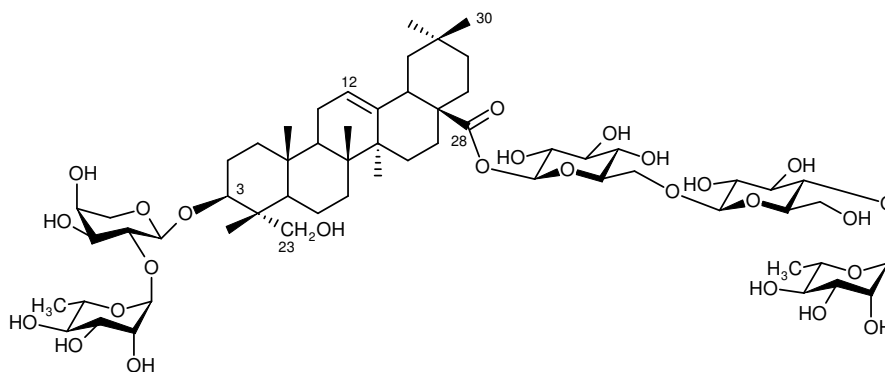


Рис. 1. Хедерасапонин С.

ИК-спектроскопический анализ. Наличие в составе сиропа воды, многоатомных спиртов и прочих компонентов объясняет характерный вид его ИК-спектра (рис. 3). При 3404 см^{-1} наблюдается широкая интенсивная полоса поглощения валентных колебаний связей О–Н, участвующих в образовании водородных связей. Полосы поглощения валентных колебаний связей С–Н найдены при 2946 и 2892 см^{-1} . Полосы поглощения деформационных колебаний СН-связей обнаружены при 1427 и 1337 см^{-1} .

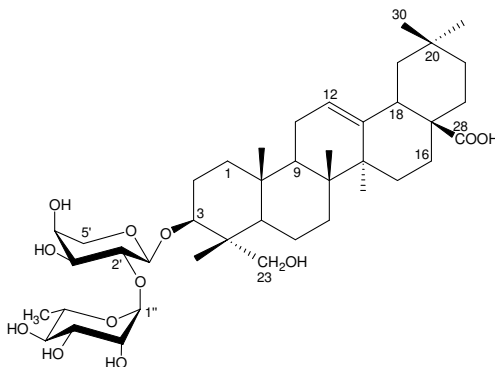


Рис. 2. α -Хедерин.

Полоса поглощения при 1652 см^{-1} вызвана деформационными колебаниями молекул воды и валентными колебаниями связей $\text{C}=\text{O}$ и $\text{C}=\text{C}$. Карбоксилат-анион сорбата калия поглощает при 1557 см^{-1} (асимметричные валентные колебания) и 1427 см^{-1} (симметричные валентные колебания).

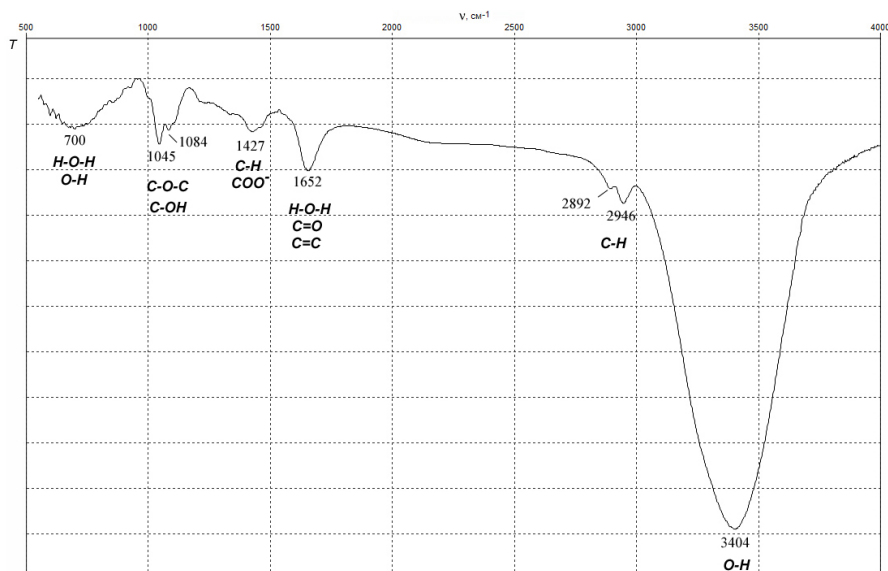


Рис. 3. ИК-спектр «Сиропа плюща» Бронхолор®.

Полосы поглощения валентных колебаний связей $\text{C}-\text{O}$ в группах $\text{C}-\text{OH}$ и $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ обнаружены при 1084 и 1045 см^{-1} . При этом полоса поглощения 1044 см^{-1} имеет большую интенсивность, что ранее уже отмечалось для ИК-спектров лекарственных препаратов на основе плюща (Геделикс, Пектолван плющ, Гедерин, Гербион сироп плюща и Бронхипрет) [18, 20].

Полоса поглощения колебаний моносахаридных колец гликозидов наблюдается при 925 см^{-1} . Широкий пик поглощения в области 700 см^{-1} связан с неплоскими деформационными колебаниями ассоциированных связей О–Н органических составляющих и вращательными колебаниями воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из биологически активной добавки к пище «Сироп плюща» Бронхолор® выделена сумма тритерпеновых сапонинов. Методом ТСХ идентифицирован ее основной компонент – тритерпеновый гликозид хедерасапонин С (3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозильный эфир хедерагенина).
2. В ИК-спектре сиропа плюща самой интенсивной является полоса поглощения валентных колебаний ассоциированных связей О–Н (3404 см^{-1}). Менее интенсивные полосы поглощения вызваны колебаниями связей Н–О–Н, С=О и С=C (при 1652 см^{-1}), С–О–С и С–ОН (при 1084 и 1045 см^{-1}), а также Н–О–Н и О–Н (при 700 см^{-1}).

Работа выполнена на оборудовании Севастопольского государственного университета (проект ПР/807-42/2017).

Список литературы

1. Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
2. Тритерпеновые гликозиды *Hedera helix* L. Строение гликозидов L-1, L-2a, L-2b, L-3, L-4a, L-4b, L-6a, L-6b, L-6c, L-7a и L-7b из листьев плюща обыкновенного / В. И. Гришкова, А. Е. Кондратенко, Н. В. Толкачева [и др.] // Химия природ. соедин. – 1994. – № 6. – С. 742–746.
3. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* L. Строение гликозидов L-A, L-B₁, L-B₂, L-C, L-D, L-E₁, L-G₁, L-G₂, L-G₃, L-G₄, L-H₁, L-H₂ и L-I₁ из листьев *Hedera canariensis* / В. И. Гришкова, Д. Ю. Сидоров, Л. А. Яковишин [и др.] // Химия природ. соедин. – 1996. – № 3. – С. 377–383.
4. Зузук Б. М. Плющ вьющийся *Hedera helix* L. (аналитический обзор) / Б. М. Зузук, Р. В. Куцик, Л. И. Зузук // Провизор. – 2003. – № 12. – С. 13–14.
5. Тритерпеновые гликозиды *Hedera taurica* L. Строение таурозида E из листьев *Hedera taurica* / А. С. Шашков, В. И. Гришкова, А. А. Лолойко [и др.] // Химия природ. соедин. – 1987. – № 3. – С. 363–366.
6. Triterpenoid saponins from the leaves of *Hedera helix* / R. Elias, A. M. Diaz Lanza, E. Vidal-Ollivier [et al.] // J. Nat. Prod. – 1991. – Vol. 54, № 1. – P. 98–103.
7. Прожерина Ю. Ключевые тренды рынка мукоактивных средств / Ю. Прожерина // Ремедиум. – 2019. – № 10. – С. 42–45.
8. Прожерина Ю. Место современных фитопрепаратов в терапии кашля / Ю. Прожерина // Ремедиум. – 2018. – № 10. – С. 17–19.
9. Розничный рынок препаратов для устранения симптомов простуды и кашля (R05) в России и странах СНГ // Ремедиум. – 2007. – № 8. – С. 62–64.
10. Boltshauser V. Wirkmechanismus von efeu entschlüsselt. Efeusaponine entfalten eine β -adrenerge Wirkung in den Atemwegen / V. Boltshauser // Phytotherapie. – 2006. – № 4. – S. 20–22.
11. α -Hederin, but not hederacoside C and hederagenin from *Hedera helix*, affects the binding behavior, dynamics, and regulation of β_2 -adrenergic receptors / A. Sieben, L. Prenner, T. Sorkalla [et al.] // Biochemistry. – 2009. – Vol. 48, № 15. – P. 3477–3482.

12. Исследование тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата проспан® / Л. А. Яковишин, М. А. Вожжова, А. Л. Кузнецова, В. И. Гришконец // Журн. орг. и фарм. химии. – 2005. – Т. 3, вып. 1 (9). – С. 57–59.
13. Яковишин Л. А. Комплекс тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата Hedelix® / Л. А. Яковишин, В. И. Гришконец // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 417–418.
14. Яковишин Л. А. Сапонины фитокомплекса «Хедерикс+» / Л. А. Яковишин, В. И. Гришконец, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2015. – Т. 1 (67), № 4. – С. 163–169.
15. Плющ при кашле Эвалар сироп [Электронный ресурс]. URL: <https://shop.evalar.ru/catalog/item/ivy-sough-syugup-vitamins/> (дата обращения: 30.11.2019).
16. Инструкция по применению. Биологически активная добавка к пище «Сироп плюща» (производитель: ООО «Полярис», Российская Федерация; СГР № KZ.16.01.95.003.E.000534.07.17 от 14.07.2017 г.).
17. Тритерпеновые сапонины биологически активной добавки к пище на основе плюща / Л. А. Яковишин, П. И. Бажан, В. Д. Ратников, В. И. Гришконец // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 4 – С. 296–304.
18. Тритерпеновые сапонины лекарственных препаратов Бронхипрет® сироп и Гербион® сироп плюща / Л. А. Яковишин, В. Д. Ратников, П. И. Бажан, В. И. Гришконец // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 1 – С. 299–307.
19. Яковишин Л. А. Детектирующие реагенты для ТСХ тритерпеновых гликозидов / Л. А. Яковишин // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 419–420.
20. Лекарственные препараты на основе плюща: ИК-Фурье-спектроскопический анализ / Л. А. Яковишин, П. И. Бажан, В. Д. Ратников, В. И. Гришконец // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 259–267.

CHEMICAL PHARMACEUTICAL ANALYSIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE FOOD ADDITIVE “IVY SYRUP” BRONCHOLOR

Yakovishin L. A.¹, Grishkovets V. I.²

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

²*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Ivy leaves *Hedera helix* L. (Araliaceae Juss.) contain triterpene glycosides. Drugs and biologically active additives have been developed on the basis of common ivy leaves. Triterpene glycosides explain the pharmacological effect of ivy and drugs based on its.

Recently, the biologically active food additive “Ivy syrup” Broncholor® (pharmacy brand Vitateka®) appeared on the Russian market, the components of which contribute to liquefaction and expectoration of sputum. The composition of this syrup includes: water, sorbitol (sweetener), glycerin (thickener), ivy extract, ascorbic acid, potassium sorbate (preservative) and flavor natural “Cherry”.

Triterpene saponins extracted from ivy syrup with water-saturated *n*-butanol. The *n*-butanol extract was analyzed by TLC. The saponins were identified using authentic

specimens of triterpene glycosides of known structure that we isolated from leaves of Canary ivy *Hedera canariensis* Willd., common ivy *Hedera helix* L. and Crimean ivy *Hedera taurica* Carr. It was shown by TLC that 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-arabinopyranosyl-28-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-glucopyranosyl ester of hederagenin (hederasaponin C) is predominant among saponins. At the same time, one of the main ivy glycosides α -hederin (3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-arabinopyranoside hederagenin) does not identified by TLC under these experimental conditions.

In the IR spectrum of ivy syrup, the most intense is the absorption band of stretching vibrations of associated O–H bonds (3404 cm⁻¹). Less intense absorption bands are caused by vibrations of the H–O–H, C=O and C=C bonds (at 1652 cm⁻¹), C–O–C and C–OH bonds (at 1084 and 1045 cm⁻¹), and also H–O–H and O–H bonds (at 700 cm⁻¹).

The absorption bands of stretching vibrations of C–H bonds were found at 2946 and 2892 cm⁻¹. Absorption bands of bending vibrations of C–H bonds were found at 1427 and 1337 cm⁻¹.

Keywords: biologically active food additive “Ivy syrup” Broncholor[®], common ivy, triterpene saponins, hederasaponin C, TLC, FT-IR spectroscopy.

References

1. Hostettmann K., Marston A., *Saponins*, 548 p. (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
2. Grishkovets V. I., Kondratenko A. E., Tolkacheva N. V., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera helix* I. The structures of glycosides L-1, L-2a, L-2b, L-3, L-4a, L-4b, L-6a, L-6b, L-6c, L-7a, and L-7b from the leaves of common ivy, *Khim. Prirod. Soedin.*, 6, 742 (1994). (in Russ.).
3. Grishkovets V. I., Sidorov D. Yu., Yakovishin L. A., Arnautov N. N., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera canariensis* I. Structures of glycosides L-A, L-B₁, L-B₂, L-C, L-D, L-E₁, L-G₁, L-G₂, L-G₃, L-G₄, L-H₁, L-H₂, and L-I₁ from the leaves of *Hedera canariensis*, *Khim. Prirod. Soedin.*, 3, 377 (1996). (in Russ.).
4. Zuzuk B. M., Kutsik R. V., Zuzuk L. I., Ivy creeping *Hedera helix* L. (analytical review), *Provizor*, 12, 13 (2003). (in Russ.).
5. Shashkov A. S., Grishkovets V. I., Loloyko A. A., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera taurica* I. Structure of tauroside E from the leaves of *Hedera taurica*, *Khim. Prirod. Soedin.*, 3, 363 (1987). (in Russ.).
6. Elias R., Diaz Lanza A. M., Vidal-Ollivier E., Balansard G., Faure R., Babadjamian A., Triterpenoid saponins from the leaves of *Hedera helix*, *J. Nat. Prod.*, 54 (1), 98 (1991).
7. Prozherina Yu., Key trends in the mucoactive drugs market, *Remedium*, 10, 42 (2019). (In Russ.).
8. Prozherina J., The role of modern herbal remedies in the management of cough, *Remedium*, 10, 17 (2018). (in Russ.).
9. The retail market for drugs to eliminate the symptoms of colds and cough (R05) in Russia and CIS countries, *Remedium*, 8, 62 (2007). (in Russ.).
10. Boltshauser V., Wirkmechanismus von efeu entschlüsselt. Efeusaponine entfalten eine β -adrenerge wirkung in den atemwegen, *Phytotheraphie*, 4, 20 (2006).
11. Sieben A., Prenner L., Sorkalla T., Wolf A., Jakobs D., Runkel F., Häberlein H., α -Hederin, but not hederacoside C and hederagenin from *Hedera helix*, affects the binding behavior, dynamics, and regulation of β_2 -adrenergic receptors, *Biochemistry*, 48 (15), 3477 (2009).
12. Yakovishin L. A., Vozhzhova M. A., Kuznetsova A. L., Grishkovets V. I., Study of triterpene glycosides of the drug prospan[®], *Zhurn. Org. Farm. Khim.*, 3 (1), 57 (2005). (in Russ.).
13. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I., Triterpene glycosides of the medicinal preparation Hedelix[®], *Khim. Prirod. Soedin.*, 5, 417 (2003). (in Russ.).

14. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I., Korzh E. N., Saponins of the phytocomplex Hederix+, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **1** (4) 163 (2015). (in Russ.).
15. *Ivy at cough Evalar syrup*, <https://shop.evalar.ru/catalog/item/ivy-cough-syrup-vitamins/> (Accessed November 30, 2019). (in Russ.).
16. *Instructions for use. Biologically active food additive "Ivy syrup"*, Manufacturer: Polyaris LLC, Russian Federation, certificate of state registration № KZ.16.01.95.003.E.000534.07.17 on 14.07.2017.
17. Yakovishin L. A., Bazhan P. I., Ratnikov V. D., Grishkovets V. I., Triterpene saponins of biologically active food additive based on ivy, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (4) 296 (2019). (in Russ.).
18. Yakovishin L. A., Ratnikov V. D., Bazhan P. I., Grishkovets V. I., Triterpene saponins of drugs Bronchipret® syrup and Herbion® Hederia syrup, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **6** (1) 299 (2020). (in Russ.).
19. Yakovishin L. A., Developers for TLC of triterpene glycosides, *Khim. Prirod. Soedin.*, **5**, 419 (2003). (in Russ.).
20. Yakovishin L. A., Bazhan P. I., Ratnikov V. D., Grishkovets V. I., Ivy-containing drugs: FT-IR spectroscopy analysis, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (3) 259 (2019). (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Авраменко Екатерина Александровна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», обучающаяся 4 курса 06.03.01 Биология
Алексаянц Гайк Дереникович	ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и спортивной медицины
Ажикова Альфия Кадыровна	ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и ботаники, e-mail: alfia-imacheva@mail.ru
Башкина Ольга Александровна	Астраханский государственный медицинский университет, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой факультетской педиатрии, e-mail: bashkina1@mail.ru
Беликова Елена Александровна	ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: belikova8@mail.ru
Бирюкова Елена Александровна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Брагина Александра Михайловна	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова», магистрант факультета биологии и экологии
Васяров Георгий Георгиевич	АО «БиоХимМак СТ», зав. Отделом хроматографии
Великородная Юлия Ивановна	Научный центр инновационных лекарственных средств с опытно-промышленным производством Волгоградского государственного медицинского университета (НЦИЛС ВолгГМУ), младший научный сотрудник лаборатории токсикологии; ГБУ Волгоградского медицинского научного центра (ГБУ ВМНЦ), научный сотрудник лаборатории патоморфологии, e-mail: alta-u@mail.ru

Визирская Мария Михайловна	ООО ЕвроХим Трейдинг Рус, руководитель направления развития агрохимического сервиса по региону Россия и СНГ, e-mail: s_sharkova@mail.ru
Грабовская Елена Юрьевна	Институт Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры, e-mail: grabovskaya13@mail.ru
Головков Эльмар Геннадьевич	ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, студент 4 курса фармацевтического факультета, e-mail: joker55mail.ru@mail.ru
Горячева Татьяна Владимировна	ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», студентка 4 курса направления подготовки «Биология», e-mail: goryachevatv@studklg.ru
Гришковец Владимир Иванович	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор химических наук, профессор кафедры общей химии
Грунский Николай Викторович	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», бакалавр (4 курса) кафедры общей химии
Джаппарова Эльзара Серверовна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр 2 курса очного отделения кафедры молекулярной генетики и биотехнологии
Джелдубаева Эльвиза Рашидовна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Дробь Александр Александрович	МГУ им. М. В. Ломоносова, аспирант химического факультета
Евсеева Анна Александровна	ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», доцент кафедры биологии и экологии, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: annahabarova@yandex.ru

Епишкин Игорь Владимирович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры спорта и физического воспитания
Ефремова Сания Юнусовна	Пензенский государственный технологический университет, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры Биотехнологии и техносферная безопасность, e-mail: efremova_s15@mail.ru
Залевская Ирина Николаевна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры молекулярной генетики и биотехнологии
Зупарова Валентина Владимировна	Пензенский государственный технологический университет, магистр кафедры Биотехнологии и техносферная безопасность, e-mail: s_sharkova@mail.ru
Кобечинская Валентина Григорьевна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: valekohome@mail.ru
Колмакова Татьяна Сергеевна	ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, доктор биологических наук, доцент, e-mail: tat_kolmakova@mail.ru
Колотилова Екатерина Андреевна	ГАОУ СПО РК «Крымский медицинский колледж», обучающаяся
Колотилова Оксана Ивановна	Институт Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры
Коновальчик Мария Алексеевна	ФГБОУ ВО Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России, соискатель кафедры общей и клинической биохимии №1, e-mail: mariya_konovalchik@mail.ru
Коренок Иван Иванович	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики

Корж Елена Николаевна	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и химические технологии»
Костылева Инна Игоревна	Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение Городского округа Балашиха «Средняя общеобразовательная школа №2», учитель биологии, педагог-организатор
Кучерик Галина Валентиновна	Севастопольский государственный университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий отделом
Лысенков Сергей Петрович	Майкопский государственный технологический университет, доктор медицинских наук, профессор кафедры физиологии и клинической патологии медицинского института, e-mail: sergeyprofff@yandex.ru
Микашинович Зоя Ивановна	ФГБОУ ВО Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедры общей и клинической биохимии №1
Михайлова Светлана Владимировна	Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал, доцент кафедры физической культуры, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: fatinia_m@mail.ru
Овчеренко Антон Виктровичи	ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», аспирант кафедры анатомии и спортивной медицины
Оксенюк Оксана Станиславовна	ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, кандидат медицинских наук, e-mail: oksenuk_o@bk.ru
Омельчук Юлия Аркадьевна	Севастопольский государственный университет, кандидат химических наук, доцент, директор института
Перелович Виктор Николаевич	ООО «ПР Мелисса», кандидат сельскохозяйственных наук, агроном, e-mail: perelovi4@yandex.ru)
Погодин Андрей Александрович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры спорта и физического воспитания
Погодина Светлана Владимировна	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой спорта и физического воспитания

Попова Наталья Николаевна	Воронежская государственная академия спорта, доктор биологических наук, профессор кафедры медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин
Прах Антон Владимирович	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник научного центра «Виноделие»
Просьянникова Ирина Борисовна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Пышкин Владимир Борисович	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского», доцент кафедры экологии и зоологии, кандидат биологических наук, доцент; Филиал Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, e-mail: vrbiscrim@mail.ru
Самотруев Андрей Вячеславович	ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, студент 3 курса педиатрического факультета, e-mail: samotruevf@mail.ru
Самотруева Марина Александровна	ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, доктор медицинских наук, заведующая кафедрой фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: ms1506@mail.ru
Сарнит Елена Александровна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии
Сергалиева Мариям Утежановна	ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологи и биотехнологии, e-mail: charlina_astr@mail.ru
Сергеева Светлана Игоревна	Институт Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр направления подготовки 49.04.01 Физическая культура

Серова Дарья Владимировна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр 2 курса очной формы обучения кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Сидякин Андрей Иванович	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Смирнов Алексей Владимирович	ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии; ГБУ Волгоградского медицинского научного центра, куратор лаборатории морфофармакологии, e-mail: alexey-smirnov@rambler.ru
Смирнова Ольга Борисовна	ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, кандидат биологических наук, e-mail: zolochevskaj51@mail.ru
Соболев Валерий Иванович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры здоровья и реабилитации, e-mail: v.sobolev@mail.ru
Спивак Алексей Станиславович	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», аспирант кафедры физиологии человека и животных
Староверов Сергей Михайлович	МГУ им. М. В. Ломоносова, доктор химических наук, заведующий лабораторией «Новые химические технологии для медицины», химический факультет
Сухова Надежда Владимировна	Пензенский государственный технологический университет, аспирант кафедры Биотехнологии и техносферная безопасность, e-mail: s_sharkova@mail.ru
Сытник Денис Михайлович	Севастопольский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры
Телесманич Наталья Робертовна	ФГБОУ ВО Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России, доктор биологических наук, профессор кафедры общей и клинической биохимии №1

Теплякова Ольга Николаевна	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», магистрант факультета биологии и экологии
Титова Елена Владимировна	АО «БиоХимМак СТ», кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник
Труш Вера Владимировна	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой физиологии человека и животных, e-mail: ver.trush@yandex.ru
Тумаянц Каринэ Николаевна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, директор Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика», e-mail: timur328@gmail.com
Тхакушинов Ибрагим Аскарбиевич	Майкопский государственный технологический университет, преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней медицинского института, e-mail: ubrawka@mail.ru
Тятенкова Наталья Николаевна	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных, e-mail: tyat@bk.ru
Уварова Юлия Евгеньевна	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», ассистент кафедры физиологии человека и животных, e-mail: jyli_91@mail.ru
Уржаткина Антонина Сергеевна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр
Цибизова Александра Александровна	ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: sasha3633@yandex.ru
Цикалов Виктор Валентинович	Институт Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры валеологии и безопасности жизнедеятельности человека

- Цикалова
Виктория Николаевна** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии
- Черятова
Юлия Сергеевна** ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, e-mail: u.cheryatova@rgau-msha.ru
- Чмелёва
Светлана Ивановна** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
- Юкало
Евгений Валерьевич** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Юферев
Владимир Сергеевич** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры спорта и физического воспитания
- Яковенко
Александра
Александровна** ФГКУ ДПО «Ростовская школа служебно-розыскного собаководства МВД России»; e-mail: 5maya@list.ru
- Яковишин
Леонид Александрович** ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и химические технологии»
- Якуба
Юрий Федорович** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, зав. информационно-аналитической лабораторией

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Ажикова А. К., Великородная Ю. И., Смирнов А. В., Башкина О. А.,
Самотруева М. А.**

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КОЖИ В ДИНАМИКЕ ОЖОГОВОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ3

Горячева Т. В., Евсеева А. А.

ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОСТОЯНИЕ
ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ 14

Грабовская Е. Ю., Сергеева С. И.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ВОЛЕЙБОЛИСТОК РАЗЛИЧНЫХ ИГРОВЫХ АМПЛУА25

Евсеева А. А., Горячева Т. В.

ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ
(С 2007 ПО 2020 ГГ.)34

Epishkin I. V.

AGE-RELATED FEATURES OF THE NONSPECIFIC IMMUNOLOGICAL
RESISTANCE OF THE BODY OF YOUNG SWIMMERS WITH DIFFERENT
METABOLIC FATIGUE FACTORS 49

Залевская И. Н., Джаппарова Э. С.

ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ФОСФОРА В ТКАНЯХ МИДИЙ (ГЕПАТОПАНКРЕАС,
ЖАБРЫ, НОГА) *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM
ИЗ РАЗНЫХ АКВАТОРИЙ56

Кобечинская В. Г., Пышкин В. Б.

БИОИНДИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ СТЕПНОГО КРЫМА ПО
РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЭНТОМОКОМПЛЕКСУ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМИССИЙ65

**Колотилова О. И., Коренюк И. И., Колотилова Е. А., Бирюкова Е. А.,
Юкало Е. В., Костылева И. И.**

ОСОБЕННОСТИ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ
ФУТБОЛИСТОВ79

Kucherik G. V., Omelchuk Yu. A., Sytnikov D. M.

BIOTESTING OF QUARRY LAKES AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF DRINKING
WATER SUPPLY87

Михайлова С. В.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕННЫХ, РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЭТНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ,
УСЛОВИЙ ОБУЧЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТУДЕНТОВ93

Овчеренко А. В., Алексанянц Г. Д., Погодина С. В.

ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
СТАНДАРТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ У ДЗЮДОИСТОВ РАЗНОЙ
КВАЛИФИКАЦИИ111

Погодина С. В., Погодин А. А., Юферев В. С. ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА БАСКЕТБОЛИСТОВ СТУДЕНЧЕСКОЙ ЛИГИ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ.....	118
Попова Н. Н. БРИОФЛОРА ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИДОНСКОГО МЕЛОВОГО РАЙОНА СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	127
Прах А. В., Якуба Ю. Ф., Васяров Г. Г., Тимова Е. В., Дробь А. А., Староверов С. М. ВЛИЯНИЕ УХОДНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА АНТОЦИАНОВЫЙ КОМПЛЕКС ВИНА ИЗ СОРТА ВИНОГРАДА КАБЕРНЕ СОВИНЬОН.....	154
Присянникова И. Б., Серова Д. В. ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АНАТОМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ГЕМИПАРАЗИТОВ <i>ODONTITES LUTEUS</i> (L.) CLAIRV. И <i>ODONTITES VULGARIS</i> MOENCH (OROVANCHAACEAE) В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА.....	163
Сухова Н. В., Ефремова С. Ю., Визирская М. М., Зупарова В. В. РОЛЬ БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ	176
Телесманич Н. Р., Коновальчик М. А., Микашинович З. И. АНАЛИЗ УРОВНЯ ГЛИКЕМИИ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТИТРОВ АНТИТЕЛ К ЯДЕРНОМУ АНТИГЕНУ ВИРУСА ЭПШТЕЙН - БАПП И IGE - ПОЛИКЛОНАЛЬНЫМ ОТВЕТОМ.....	184
Труш В. В., Соболев В. И. МОДУЛЯЦИЯ АЛЬФАКАЛЬЦИДОЛОМ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ СТЕРОИДНОЙ МИОПАТИИ В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ЖИВОТНЫХ	198
Тхакушинов И. А., Лысенков С. П. РЕАКЦИЯ АУТОФАГИИ ПРИ ПОЛНОЙ ПИЩЕВОЙ ДЕПРИВАЦИИ У ЧЕЛОВЕКА	218
Тятенкова Н. Н., Спивак А. С., Брагина А. М., Теплякова О. Н., Уварова Ю. Е. ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ТЕЛА СТУДЕНТОК В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ.....	228
Цибизова А. А., Самокруев А. В., Головков Э. Г., Сергалеева М. У. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ <i>PETASITES HYBRIDUS</i>	236
Черятова Ю. С., Перелович В. Н. ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА КРЕЗАЦИНА НА РИЗОГЕНЕЗ И ВЫХОД СТАНДАРТНЫХ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА СОРТА РУССКИЙ КОНКОРД	246
Чмелёва С. И., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н., Авраменко Е. А. ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН <i>GLYCINE MAX</i> L. В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	254

Яковенко А. А., Колмакова Т. С., Оксенюк О. С., Смирнова О. Б., Беликова Е. А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «АДАПТОВИТ» НА АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СПЕЦИАЛИСТОВ-КИНОЛОГОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СМЕШАННОЙ СЛЮНЫ	268
--	-----

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гришковец В. И., Грунский Н. В., Яковишин Л. А., Корж Е. Н. ВЛИЯНИЕ ТЕТРАБОРАТА НАТРИЯ (БУРЫ) НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА.....	280
Цикалова В. Н., Цикалов В. В., Сарнит Е. А., Уржаткина А. С. ПОЛУЧЕНИЕ РЯДА ПЕРАЦЕТАТОВ α -О-МЕТИЛФЕНИЛГЛИКОЗИДОВ N-АЦЕТИЛГЛЮКОЗАМИНА В УСЛОВИЯХ МИКРОВОЛНОВОГО СИНТЕЗА	285
Яковишин Л. А., Гришковец В. И. ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ К ПИЩЕ «СИРОП ПЛЮЩА» БРОНХОЛОР	293
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	301
СОДЕРЖАНИЕ	309