

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL
JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL
RESEARCH**

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,520

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,259

№ 6 2023

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

The electronic version takes places on a site www.rae.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.м.н. Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь

к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR

Natalia Stukova

Senior Director and Publisher

Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) –
головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного
цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,520.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,259.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41

Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова

Техническое редактирование и верстка Е.Н. Доронкина

Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать – 30.06.2023

Дата выхода номера – 31.07.2023

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 7,75

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2023/6

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	
<i>Дадашев Ф.Г., Аллахвердиев А.Р., Дадашева К.Г., Асадов Э.З.</i>	5
ПАРАМЕТРЫ ВОДНОГО РЕЖИМА И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ	
<i>Ибрагимова З.Ш., Мамедова С.А., Алиев Р.Т.</i>	11
ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ <i>PAULOWNIA PAO TONG Z07</i>	
<i>Иманбердиева Н.А., Санжарбекова Ж.С.</i>	17

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

МЕДИКО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЩЕНИЕ КАК СПОСОБ ПРОФИЛАКТИКИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПАТОЛОГИИ	
<i>Зенкина В.Г., Пыхтина О.В.</i>	24
ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИОЦИНОВ БУЛЬОННЫХ КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ МЕСТНОГО ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ	
<i>Нуралин Р.Ш., Сраилова К.Б., Екибаев Т.Р., Раимкулов Б.Н., Даниярова Л.Б.</i>	29
НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ЧАСТОТУ СУИЦИДАЛЬНЫХ ПОПЫТОК СРЕДИ ЖИТЕЛЕЙ КЫРГЫЗСТАНА	
<i>Сюй М.В., Касымов О.Т.</i>	36
РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АЦЕТАБУЛЯРНОЙ ДИСПЛАЗИИ У ПОДРОСТКОВ И ВЗРОСЛЫХ	
<i>Тепленький М.П., Фозилов Д.Т.</i>	42
АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ФАКТОРОВ РИСКА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У МУЖЧИН, ПРИЗВАННЫХ НА ВОЕННУЮ СЛУЖБУ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ	
<i>Шабунина В.А., Гуранова Н.Н., Усанова А.А., Фазлова И.Х., Радайкина О.Г.</i>	48

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ	
<i>Черкасова Е.Ю.</i>	54

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛАСТИН С ПОМОЩЬЮ РАССЕЯНИЯ СВЕТА	
<i>Подопригора В.Г., Раковская С.А.</i>	59

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

- PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF MULTIPARAMETRIC
BIOLOGICAL FEEDBACK
Dadashev F.G., Allakhverdiev A.R., Dadasheva K.G., Asadov E.Z. 5
- PARAMETERS OF THE WATER REGIME AND THE CONTENT
OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AT DIFFERENT STAGES
OF SOYBEAN DEVELOPMENT UNDER DROUGHT CONDITIONS
Ibragimova Z.Sh., Mamedova S.A., Aliev R.T. 11
- FEATURES OF CULTIVATION *PAULOWNIA PAO TONG Z07*
Imanberdieva N.A., Sanzharbekova Z.S. 17

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

- MEDICAL AND GENETIC EDUCATION AS A WAY TO
PREVENT HEREDITARY PATHOLOGY
Zenkina V.G., Pykhtina O.V. 24
- APPLICATION OF BACTERIOCINS OF MICROORGANISMS BROTH
CULTURES FOR TOPICAL TREATMENT OF DIABETIC FOOT SYNDROME
Nuralin R.Sh., Srailova K.B., Ekibaev T.R., Raimkulov B.N., Danyarova L.B. 29
- SOME FACTORS INFLUENCING THE FREQUENCY OF SUICIDAL
ATTEMPTS AMONG RESIDENTS OF KYRGYZSTAN
Syui M.V., Kasymov O.T. 36
- RADIOLOGICAL CLASSIFICATION OF ACETABULAR
DYSPLASIA IN ADOLESCENTS AND ADULTS
Teplenkiy M.P., Fozilov D.T. 42
- ANALYSIS OF THE PREVALENCE OF ARTERIAL HYPERTENSION
RISK FACTORS IN MEN CALLED FOR MILITARY SERVICE
IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA
Shabunina V.A., Guranova N.N., Usanova A.A., Fazlova I.Kh., Radaykina O.G. 48

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLE

- APPLICATION OF DESCRIPTIVE GEOMETRY METHODS
FOR SOLVING SYSTEMS OF LINEAR ALGEBRAIC EQUATIONS
Cherkasova E.Yu. 54

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

ARTICLE

- DETERMINATION OF PLATES DIELECTRICAL SURFACES
CHARACTERISTICS BY LIGHT SCATLERING
Podoprigora V.G., Rakovskaya S.A. 59

СТАТЬИ

УДК 57:612.821

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ**

¹Дадашев Ф.Г., ²Аллахвердиев А.Р., ²Дадашева К.Г., ¹Асадов Э.З.

¹Национальная академия авиации, Баку, e-mail: dfh54@rambler.ru;

²Институт физиологии имени А.И. Караева, Баку, e-mail: ali_doctor@mail.ru

В данной статье нашли отражение перспективные направления разных областей, опирающиеся на концептуальные основы БОС методики. Учитывая результаты практики применения БОС методики в клиническом исследовании, при оптимизации психофизиологического состояния человека, а также результаты управляемых экспериментов над животными, представлен комплекс современных интеллектуальных технологий. Для оптимизации биотехнических систем, обеспечивающих реализацию мультипараметрической БОС, предлагается синергетический подход, позволяющий максимально использовать функциональный ресурс человека. Интеллектуализация самоорганизации биотехнической системы является одним из подходов к усовершенствованию адаптивных управлений, учитывающей функциональные ресурсы человека. Обоснована целесообразность включения в программное обеспечение комплекса процедур принятия решения в условиях неопределенностей, реализующей мультипараметрическую БОС. Целевая задача биотехнической системы формируется в виде многокритериальной задачи. При этом каждый критерий определяется в виде «желаемого состояния», соответствующего отдельным управляемым параметрам. При таком подходе глобальные задачи биотехнической системы будут представлять себя в виде многокритериальных задач в многомерном пространстве. С функциональной точки зрения иерархическая биотехническая система требует децентрализации общей интеллектуальности системы. В каждой конкретной ситуации при применении мультипараметрической БОС решаются такие задачи, как распределение интеллектуальности между подсистемами, в частном случае как распределение функций между датчиками и интерфейсом.

Ключевые слова: мультипараметрический БОС, психофизиологическое состояние, электрофизиологические данные, биометрические системы, синергетический подход, интеллектуальные технологии

**PROSPECTS FOR THE APPLICATION
OF MULTIPARAMETRIC BIOLOGICAL FEEDBACK**

¹Dadashev F.G., ²Allakhverdiev A.R., ²Dadasheva K.G., ¹Asadov E.Z.

¹National Academy of Aviation, Baku, e-mail: dfh54@rambler.ru;

²A.I. Karaev Institute of Physiology, Baku, e-mail: ali_doctor@mail.ru

This article reflects the promising directions of various fields, based on the conceptual foundations of the biological feedback (BFB) methodology. Considering the results of the practice of using BFB methodology as a clinical study to optimize the psychophysiological state of humans, as well as the results of controlled experiments on animals, a complex of modern intelligent technologies is presented. Optimization of biotechnical systems, providing for the implementation of multiparametric BFB, is proposed by a synergistic approach that maximally utilizes the functional resource of humans. The intellectualization of self-organization of biotechnical systems is one of the approaches to improving adaptive control, taking into account the functional resources of humans. The feasibility of including decision-making procedures in conditions of uncertainty in the software that implements multiparametric BFB is justified. The target task of the biotechnical system is formed as a multi-criteria problem. In this case, each criterion is defined as a “desired state” corresponding to individual controlled parameters. With this approach, the global tasks of the biotechnical system will be represented as multi-criteria problems in a multidimensional space. From a functional point of view, the hierarchical biotechnical system requires the decentralization of the system’s overall intelligence. In the specific application of multiparametric BFB, the distribution of intelligence between sensors and interfaces is resolved in a particular situation.

Keywords: multiparametric BFB, psychophysiological state, electrophysiological data, biometric systems, synergistic approach, intelligent technologies

Данная статья посвящена развитию методики мультипараметрической биологической обратной связи (БОС), опирающейся на различные концептуальные, технологические, методологические основы [1–3]. Метод БОС был разработан американским ученым Н. Миллером на основе его экспериментальных и клинических работ по изучению висцерального обучения с помощью метода оперантного обусловливания [4]. В начальные годы данный подход исполь-

зовался при изучении глубоких физиологических механизмов процесса самоорганизации. После этого данный подход нашел свое применение в других практических областях, в том числе в клинических и психокоррекционных практиках. Эффективность полученных результатов в прикладной области, способствовала доминированию клинических результатов над теоретическими фундаментальными исследованиями [5, 6]. Для повышения эффективности управления

функциональными состояниями целесообразно использовать комплекс инновационных технологий, таких как технологии искусственного интеллекта, и методы, опирающиеся на синергетическую методологию.

Целью данного исследования является обоснование и перспективы использования интеллектуальных технологий и синергетических принципов при применении мультипараметрической БОС для решения различных задач, в том числе для проведения психофизиологических коррекционных процедур и обучения.

Материалы и методы исследования

Мультипараметрическая БОС

На начальном этапе применения БОС методики для управления состоянием, в качестве информативного управляемого параметра, исследователями были выбраны отдельные статистические показатели электрофизиологических сигналов. Результаты многочисленных исследований по управлению состоянием посредством монопараметрической БОС методики (по α -ритму мозга, ЧСС, КГР и др.) показал, что для оптимизации состояния необходимо применение мультипараметрической БОС. С другой стороны, в связи с неопределенностью взаимодействия отдельных показателей, как внутри одной функциональной системы, так и в межсистемных взаимоотношениях, возникла необходимость использовать мультипараметрическую БОС. Отсутствие единой концептуальной основы применения БОС

вынуждает использовать различные эвристические подходы.

В таблице представлена классификация мультипараметрической БОС по различным критериям.

В настоящее время целью применения БОС методики является реализация решения таких задач, как идентификация, прогнозирование, психокоррекция, обучение. Н.Н. Василевским, С.И. Сороко и др., являющимися последователями ведущей экологической школы физиологии Д.А. Бирюкова, основана советская школа адаптивного биоуправления [7, 8]. Последователями этой школы с применением БОС методики, под влиянием экстремальных факторов внешней среды, всесторонне исследованы нейродинамические основы функциональной самоорганизации нейродинамических процессов, связанные с функциональной пластичностью.

Теоретической концептуальной ценностью результатов этой школы является получение закономерностей, связывающих вышеуказанные четыре цели применения БОС методики.

Проведение научно-практических работ с включением нескольких параметров в методику БОС можно считать новым этапом развития этой методики. БОС методика развивается в нескольких направлениях, в связи с выбранными критериями:

а) мультипараметричность – определяется по количеству информативных показателей, на основе чего идентифицируется управляемое состояние [9];

Критерии мультипараметрической БОС методики

Критерии	
По количеству управляемых параметров	– Монопараметрическая – Мультипараметрическая
Мультипараметрические	– Фиксированное соотношение между параметрами – Поэтапное определение соотношения отдельных параметров
Концептуальные основы	– Классические – Плацебо модель – Когнитивная модель – Модель, предложенная М.С. Шварцем
Модальность	– Звуковая – Тактильная – Зрительная
Алгоритм	– Адаптивное управление – Программное управление
Цели проведения	– Идентификация – Прогнозирование – Коррекционные процедуры – Обучение
Области применения	– Клинические работы – Спортивная физиология – Оптимизация состояния человека-оператора

б) модальность – определяется по типам различных сигналов для представления информации обратной связи, таких как зрительные, звуковые, тактильные и др. Одним из перспективных направлений является использование для сигналов обратной афферентации мультимедийных технологий.

Компонентами вектора, определяющими текущее состояние, входящими в целевую функцию биотехнической системы (БТС), могут стать разные статистические показатели конкретного электрофизиологического сигнала. Или же определяющее состояние может образоваться из показателей, принадлежащих к различным подсистемам в иерархической структуре целостного организма. Например, ЭЭГ, параметры кардиоваскулярной системы и т.д.

Синергетический подход позволяет дополнить отсутствие унифицированных концептуальных основ мультипараметрической БОС методики [10]. Данный подход является более универсальным, в сравнении с такими моделями, которые учитывают функциональные ресурсы испытуемого человека (когнитивный подход), а также эффект плацебо (позитивная установка), которая может быть базой «интеллектуального тренажера», способствующей обеспечению оптимизации функционального состояния.

Синергетические принципы при мультипараметрической БОС методике целесообразно применять при проектировании БТС, максимально используя ресурсы (как технические, так биологические), а также при функционировании, которые позволяют выявить алгоритмы механизмов самоорганизации при поэтапном обучении.

Интеллектуальные технологии в БОС методике

Использование интеллектуальных технологий [11], опирающихся на синергетические принципы, позволяет максимально приблизиться к цели БТС, задачей которой является оптимизация состояния человека.

Интеллектуализация самоорганизации БТС является одним из подходов к усовершенствованию адаптивного управления, учитывающим функциональные ресурсы человека. Таким образом, предложенная система выполняет экспертную функцию [12]. Целесообразно включить комплекс процедур принятия решений в условиях неопределенностей в программное обеспечение, которое реализует мультипараметрическую БОС, являющуюся целевой задачей БТС, формирующейся в виде многокритериальной задачи. При этом каждый критерий определяется в виде «желаемого

состояния», соответствующего отдельным управляемым параметрам. При таком подходе глобальная задача БТС будет представлять себя в виде многокритериальных задач в многомерном пространстве. При проектировании БТС с функциональной точки зрения требуется децентрализации общей интеллектуальности системы.

При использовании интеллектуальных технологий к процедурам мультипараметрической БОС, требуется решение задач адекватным распределением интеллектуальности между датчиками и интерфейсом [13]. На рис. 1 представлена структурно-функциональная система, обеспечивающая управление нейродинамическими процессами.

Алгоритм управления функциональным состоянием можно представить как иерархический процесс, состоящий из двух уровней (рис. 2). На низком уровне происходит реализация алгоритма управления, цель которого определяется как на основе информации о результате предыдущего этапа, так и информации о самонастройке, происходящего на верхнем уровне. Таким образом, применение синергетических принципов к мультипараметрической БОС методике является перспективным как для получения эффективного результата с учетом индивидуальных характеристик человека, так и для выявления закономерностей, связанных с механизмами самоорганизации при функциональном биоуправлении.

Результаты исследования и их обсуждение

Научно-исследовательские работы С.И. Сороко и др. могут быть качественным примером применения БОС методики для решения задачи идентификации. В качестве идентификации можно представить результаты работы по управлению отдельными ритмами мозга, в частном случае α -ритма мозга, где по степени управляемости можно классифицировать типы лиц человека. В работе С.И. Сороко выявлены три типа нервной системы, которые связаны с функциональной пластичностью нейродинамического процесса. Опираясь на концепцию экологической физиологии Бирюкова-Василевского и результаты проведенных под руководством С.И. Сороко экспериментов в Антарктиде, можно прогнозировать степень надежности к экстремальным ситуациям человека по типологии функции пластичности, определяемой по степени управляемости α -ритма мозга.

Вышеуказанный подход нами использован для прогнозирования состояния экипажа летного состава.

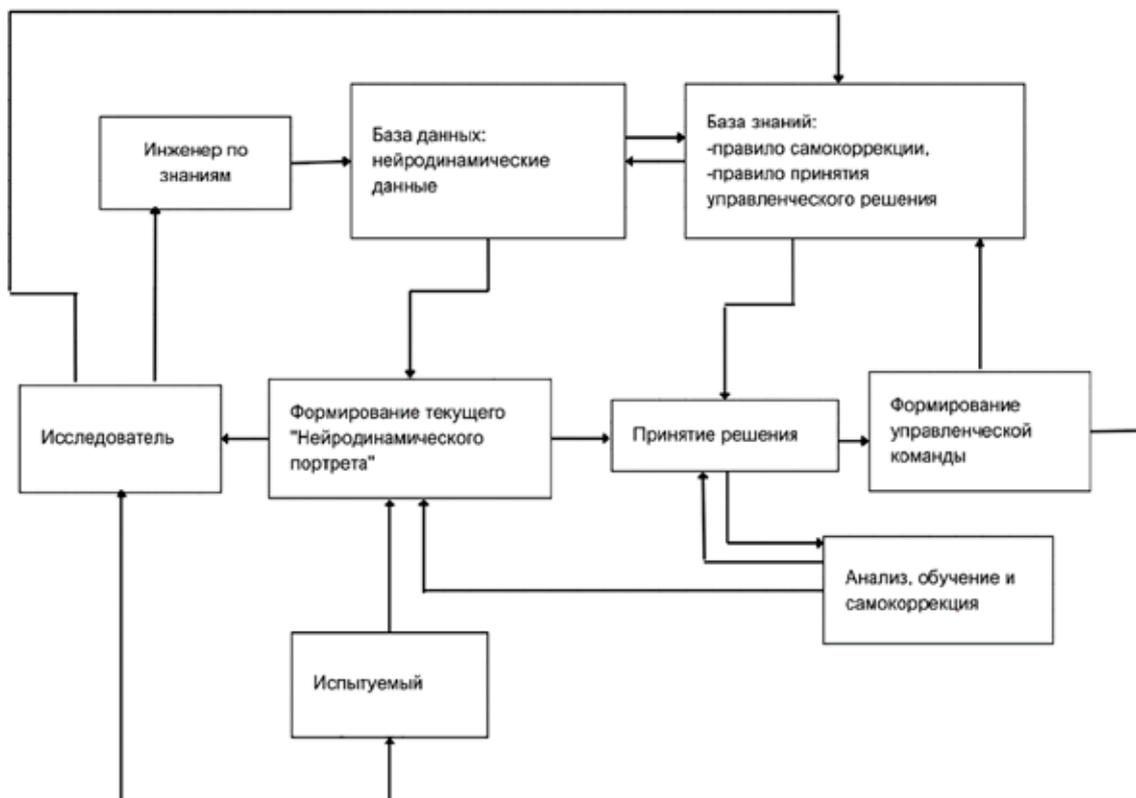


Рис. 1. Структурно-функциональная система управления нейродинамическими процессами



Рис. 2. Двухуровневый алгоритм управления посредством БОС методики

По результатам данных работ выявлены закономерности между управляемостью α -ритма мозга со степенью адаптации, а также имеется соответствие с динамической моделью нейродинамических состояний, определяемой между вероятностно-детерминированными взаимоотношениями отдельных основных ритмов мозга. Результаты исследования в данном направлении показали, что между вероятностно-детерминированной организацией имеется статистически достоверное соответствие с функциональной надежностью летного состава, определяемое по типизации экипажа летного состава [14].

Нами проведены исследования определения возможности изменений вероятностно-детерминированной организации основных ритмов мозга с применением мультипараметрической обратной связи, где в качестве отдельных параметров выбраны частота чередований основных дискретно-информативных событий ЭЭГ-процессов.

Целевая функция БТС, реализующей задачи изменения нейродинамических процессов, определяется на основе комплекса условно-вероятности чередования ритма мозга. При таком подходе основной задачей мультипараметрического БОС является решение многокритериальной задачи.

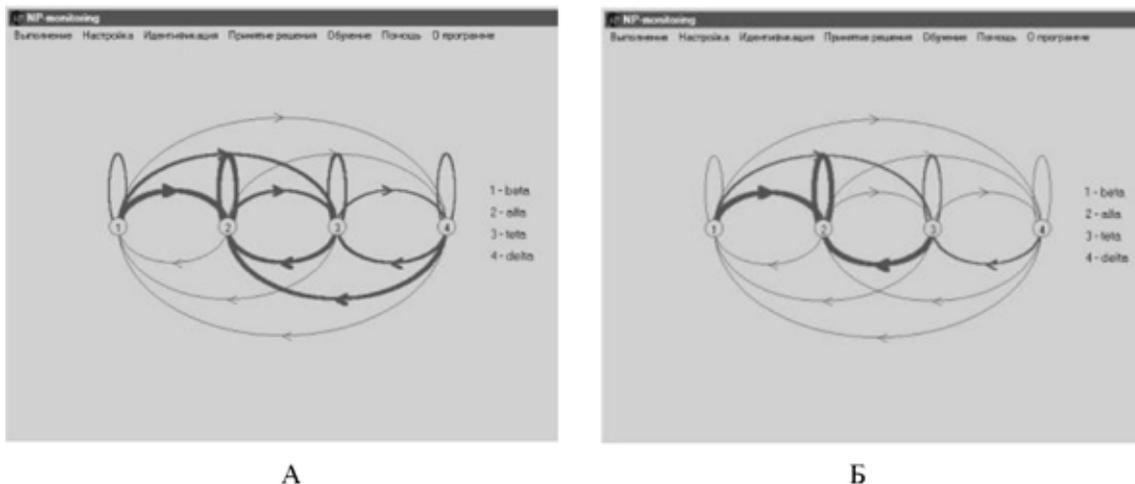


Рис. 3. Результат проведения тренировки с помощью мультипараметрической БОС методики. А и Б – соответственно вероятностно-детерминированные взаимоотношения основных ритмов мозга на начальном и конечном этапах тренинга

Для реализации задачи оптимизации нами использована процедура линейного свертывания отдельных критериев, при котором глобальная целевая функция сохраняет в себе априорно-неизвестные весовые коэффициенты. При этом каждый коэффициент характеризует степень управляемости данного компонента, связанный с функциональной пластичностью взаимоотношений основных ритмов мозга.

На рис. 3 представлен результат применения вышеизложенной методики к основным ритмам мозга [1]. Состояние (Б) получено в интерактивном режиме, где в каждом этапе уточняется степень управляемости отдельного параметра, который является весовым коэффициентом. Как видно из рисунка, в исходном состоянии (А) в биоритмологической организации ЭЭГ, помимо α -сток преобладает последовательности $\beta \rightarrow \theta$ $\alpha \rightarrow \theta$ $\theta \rightarrow \theta$ $\delta \rightarrow \theta$. Целевой задачей БТС является достижение «желаемого состояния» (Б), где доминирует только α -сток. Как показал результат поэтапного приближения к цели, доминировали коэффициенты управляемости в следующей последовательности: $\beta \rightarrow \theta$ и $\theta \rightarrow \theta$. Последовательность $\delta \rightarrow \theta$ является основным управляемым компонентом.

В данном случае выбранная совокупность параметров, характеризующая нейродинамические процессы в виде вероятностно-детерминированной структуры, полученные из одного канала ЭЭГ, отражают только временные взаимоотношения основных ритмов мозга.

Для более глубокого включения в управление нейродинамическими процессами це-

лесообразно использовать параметры в качестве показателей состояний вероятностно-детерминированные характеристики, отражающие структуру взаимоотношений информативных событий ЭЭГ-процессов, не только во временной области, а также в пространственном распределении отдельных ритмов по различным областям коры головного мозга.

Как видно из вышеизложенного, в качестве параметров для управления были выбраны показатели, относящиеся к нейродинамическим процессам на корковом уровне. Данная методика является более перспективной для управления состоянием организма, где каждый компонент является отражением процессов, проходящих на различных уровнях общей иерархической системы организма (ЭЭГ, ЧСС, КГР и т.д.).

Обобщая вышеизложенное, можно утверждать, что дальнейшее развитие применения мультипараметрической БОС методики непосредственно связано как с результатами фундаментальных исследований для выявления содержательной информации из биосигналов, так и с применением интеллектуальных технологий, опирающихся на синергетические принципы. Немаловажным в этом направлении является использование интеллектуальных датчиков и интерфейсов при проектировании портативных устройств.

Заключение

– Применение мультипараметрической БОС методики расширяет возможности функционального управления психофизиологическими состояниями.

– Представление целевой задачи БТС в виде многокритериальной задачи позволяет максимально использовать ресурсы, необходимые для управления состояниями.

– Применение векторной оптимизации для решения многокритериальной задачи позволяет определить различные типы неопределенностей при функциональном управлении состоянием организма с использованием интерактивной системы.

– Применение принципов синергетики дает возможность для выявления алгоритмов самоорганизации в процессе управления функциональными состояниями с использованием мультипараметрической БОС методики.

Список литературы

1. Аллахвердиев А.Р., Дадашев Ф.Г., Дадашева К.Г. Мультипараметрическая обратная связь и самоорганизация нейродинамических процессов // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019. № 7. С. 9–13.
2. Аллахвердиев А.Р., Дадашев Ф.Г., Дадашева К.Г. Синергетические принципы в управлении психофизиологическими состояниями по методу БОС // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 11–2. С. 291–294.
3. Пятакович Ф.А., Сурушкин М.А., Якунченко Т.И., Макконен К.Ф. Биотехническая система мультипараметрического игрового тренинга, направленная на модификацию функционального состояния человека. Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. 2011. № 10 (105). Вып. 14. С. 282–287.
4. Miller N.E. A bridge across a chasm: Learning and physiological regulation / Review of a book by Barry R. Dworkin, «Learning and Physiological Regulation» // *Contemporary Psychology*. 1994. № 39 (11). P. 1027–1029.
5. Lee J., Kim J.K., Wachholtz A. The benefit of heart rate variability biofeedback and relaxation training in reducing trait anxiety // *Hanguk Simni Hakhoe Chi Kongang*. 2015. Vol. 20, Is. 2. P. 391–408.
6. Lehrer P.M., Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? // *Front. Psychol*. 2014. Vol. 5. P. 1–9.
7. Василевский Н.Н., Сидоров Ю.А., Суворов Н.Б. О роли биоритмологических процессов в механизмах адаптации и коррекции регуляторных дисфункций // *Физиология человека*. 1993. Т. 19. № 1. С. 91–98.
8. Сороко С.И., Турбачев В.В. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. СПб.: Политехника сервис, 2010. 607 с.
9. Wyckoff S., Birbaumer N. Neurofeedback and Brain-Computer Interfaces // *The Handbook of Behavioral Medicine*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd. 2014. P. 275–312.
10. Кузнецова Ж.А. Идеи синергетики в медицине. Текст: непосредственный // *Молодой ученый*. 2018. № 3 (189). С. 242–244
11. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. М.: Радио и связь, 2020. 373 с.
12. Уотерман Д. Построение экспертных систем / Под ред. Ф. Хейес-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат. М.: Мир, 2018. 441 с.
13. Дадашев Ф.Г., Аллахвердиев А.Р., Дадашева К.Г., Абдуллаев Х.И. Реализация метода мультипараметрической биологической обратной связи с помощью портативного устройства на базе сети микроконтроллеров // *Технологии живых систем*. 2021. № 2. С. 71–75.
14. Дадашев Ф.Г., Аллахвердиев А.Р., Агаев С.Р., Дадашева К.Г. Управление мультипараметрическими психофизиологическими состояниями в обеспечении функциональной надежности летного состава // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 2–2. С. 192–196.

УДК 57.045:633.34

ПАРАМЕТРЫ ВОДНОГО РЕЖИМА И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ

Ибрагимова З.Ш., Мамедова С.А., Алиев Р.Т.

*Институт генетических ресурсов, Министерство науки и образования
Азербайджанской Республики, Баку, e-mail: ziyade.ibrahimova@gmail.com*

Цель исследования заключалась в оценке параметров водного режима и содержания фотосинтетических пигментов у образцов сои в условиях засухи. В работе использовали 21 образец сортов сои, выращенных на опытно-полевом участке Института генетических ресурсов. Параметры водного режима и содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений определяли в условиях полива и засухи. При нехватке воды увеличивалась водоудерживающая способность и содержание связанной воды с осмотическими соединениями, накапливающимися в клетках. Величина водоудерживающей способности в условиях засухи увеличилась на 4,6–6,0% в фазу ветвления и на 3,1–5,1% в фазу цветения. В фазе цветения водоудерживающая способность оказалась выше 50,0% у 8 образцов сои: Уманская, Канада-5, Алекса, Ангелика, Кыото, Канада-7, Антония, Канада-6. Образцы со значениями водоудерживающей способности выше 50,0% в условиях засухи можно считать более устойчивыми: Канада-1, Канада-7, Антония, Ангелика. Несмотря на относительно низкое значение водоудерживающей способности, образец Чукурова-7 также отличился засухоустойчивостью. В условиях засухи сумма $x_l(a+b)$ составляла более 100,0% по сравнению с контролем у образцов сои Чукурова-4, Чукурова-5, Чукурова-7, Чукурова-9, Чукурова-14, Канада-1, Канада-7, Аяз, Ангелика. У большинства образцов наблюдали увеличение содержания каротиноидов.

Ключевые слова: соя, водный режим, водоудерживающая способность, засуха, хлорофилл

PARAMETERS OF THE WATER REGIME AND THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AT DIFFERENT STAGES OF SOYBEAN DEVELOPMENT UNDER DROUGH CONDITIONS

Ibragimova Z.Sh., Mamedova S.A., Aliev R.T.

*Institute of Genetic Resources, Ministry of Science and Education of the Azerbaijan, Baku,
e-mail: ziyade.ibrahimova@gmail.com*

The aim of the study was to evaluate the parameters of the water regime and the content of photosynthetic pigments in soybean accessions in drought conditions. 21 accessions of soybean varieties grown at the experimental field site of the Genetic Resources Institute were used in the work. The parameters of the water regime and the content of photosynthetic pigments in plant leaves were determined under irrigation and drought conditions. When there was a shortage of water, the water retention capacity and the content of bound water with osmotic compounds accumulating in cells increased. The value of water retention capacity in drought conditions increased by 4.6 – 6.0% in the branching phase and by 3.1 – 5.1% in the flowering phase. In the flowering phase, the water retention capacity was higher than 50.0% in 8 soybean accessions: Umanskaya, Canada-5, Alexa, Angelica, Kyoto, Canada-7, Antonia, Canada-6. accessions with water retention values above 50.0% in drought conditions can be considered more stable: Canada-1, Canada-7, Antonia, Angelica. Despite the relatively low water-holding capacity, the Chukurov-7 sample also distinguished itself by drought resistance. In drought conditions, the amount of $x_l(a+b)$ was more than 100.0% compared to the control in soybean accessions Chukurova-4, Chukurova-5, Chukurova-7, Chukurova-9, Chukurova-14, Canada-1, Canada-7, Ayaz, Angelica. An increase in carotenoid content was observed in most accessions.

Keywords: soybean, water regime, water-holding capacity, drought, chlorophyll

Необходимость постоянного увеличения производства продуктов питания и кормов для животных повысила потребность в расширении производства сои. Основные продукты из сои – это соевая мука и соевое масло, которые используются для приготовления кондитерских изделий, наполнителей, заменителей мяса, молока, сыра, диабетических продуктов, майонеза, маргарина. Создание продуктивных сортов сои может не только обеспечить людей продуктами питания, а животноводство – полезными кормовыми продуктами, но и помочь свести к минимуму импорт кормовых ресурсов. Но, несмотря на создание пер-

спективных сортов и повышение урожайности, потери, вызванные абиотическими и биотическими стрессовыми факторами, в частности засухой, также занимают немало места [1]. В селекции устойчивых сортов и форм важна разработка ранней диагностики засухоустойчивости растений. Несмотря на большое потребление воды соя растет и при определенном дефиците влаги. Потребность сои в воде по фазам развития неодинаковая [2, с. 148]. В растительном организме засуха способна оказывать сильное влияние на ход физиологических процессов, но в основе лежит влияние засухи на водный режим. Изучение параметров во-

дно режима составляет основу определения засухоустойчивости растений.

В связи с изложенным целью наших исследований заключалась в оценке параметров водного режима и содержания фотосинтетических пигментов у образцов сои в условиях засухи.

Материалы и методы исследования

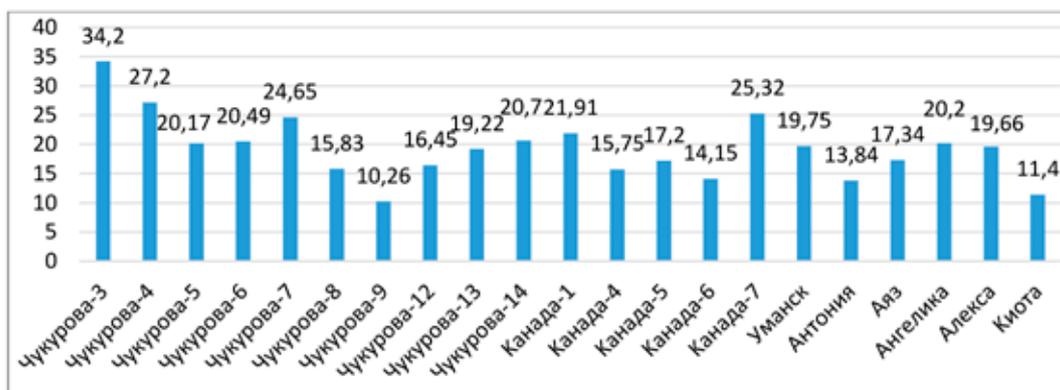
Использованные в исследовании семена 21 сорта сои (*Glycine max* L.): Чукурова-3, Чукурова-4, Чукурова-5, Чукурова-6, Чукурова-7, Чукурова-8, Чукурова-9, Чукурова-12, Чукурова-13, Чукурова-14, Канада-1, Канада-4, Канада-5, Канада-6, Канада-7, Уманская, Антония, Ангелика, Аяз, Алекса, Киото – были предоставлены Национальным Генбанком Азербайджана и выращены на опытно-полевом участке института. Параметры водного режима в листьях растений определяли на фазе ветвления и цветения в условиях полива и на фазе ветвления при засухе по методике Н.Н. Кожушко [3, с. 49].

Для изучения взаимосвязи между устойчивостью генотипов сои к стрессовым факторам и содержанием хлорофилла для ана-

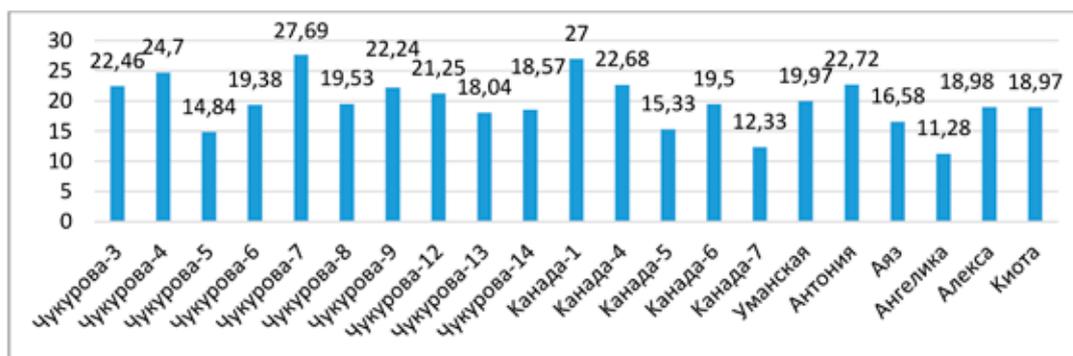
лиза были взяты образцы верхних листьев в фазу ветвления и в фазу цветения интактных полевых растений. Листья подвергались стрессу в лабораторных условиях в течение 24 ч. Для моделирования стресса был использован раствор 8,7% сахарозы (7 атм), соответствующий пределу устойчивости. На спектрофотометре (UV-3100 PC) измеряли оптическую плотность хлорофилла при 665 нм (x1 a) и 649 нм (x1 b), каротиноидов при длине волны 450 нм [3, с. 22].

Результаты исследования и их обсуждение

Параметры водного режима сортообразцов сои определяли в условиях жаркого климата Апшерона. Определение водного дефицита выявило различие по этому показателю между образцами сои (рис. 1). У образцов сортов сои Чукурова-9, Киото, Антония и Канада-6 наблюдался низкий водный дефицит в фазе ветвления, соответственно 10,3; 11,5; 13,8 и 14,2%. Максимальный водный дефицит был отмечен у образца Чукурова-3 (34,2%), высокий водный дефицит – у сортов Чукурова-4, Чукурова-7, Канада-7, соответственно 27,2; 24,7; 25,3%.



(1)



(2)

Рис. 1. Водный дефицит листьев растений сои в условиях орошения: 1 – фаза ветвления; 2 – фаза цветения (%)

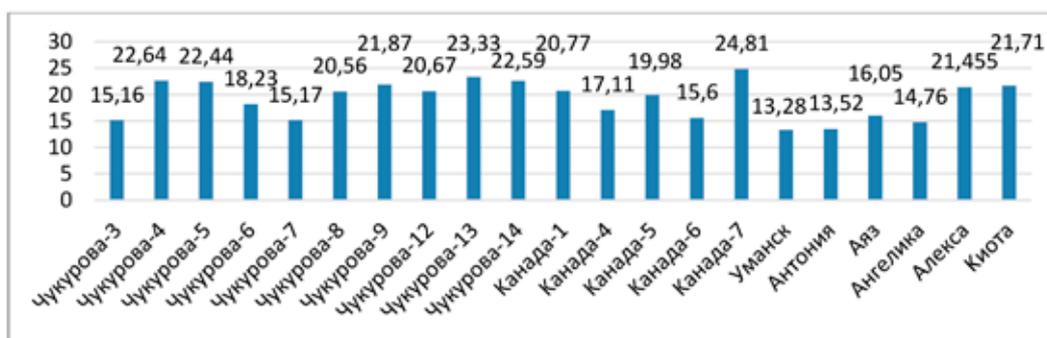
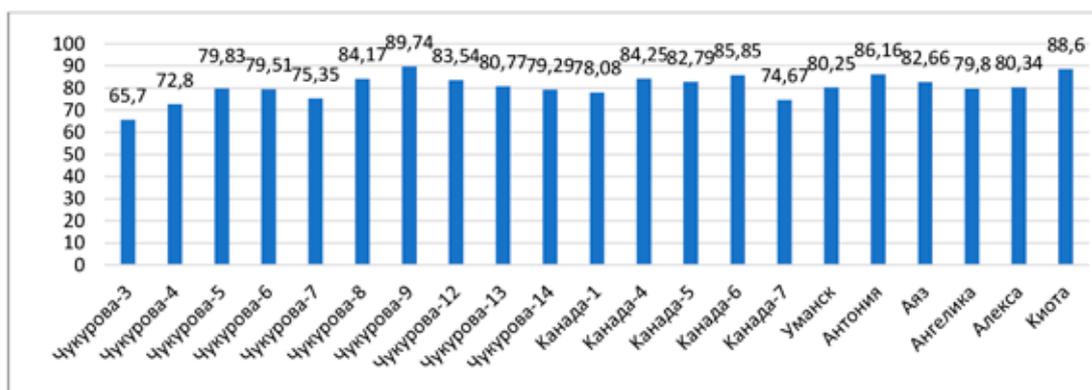
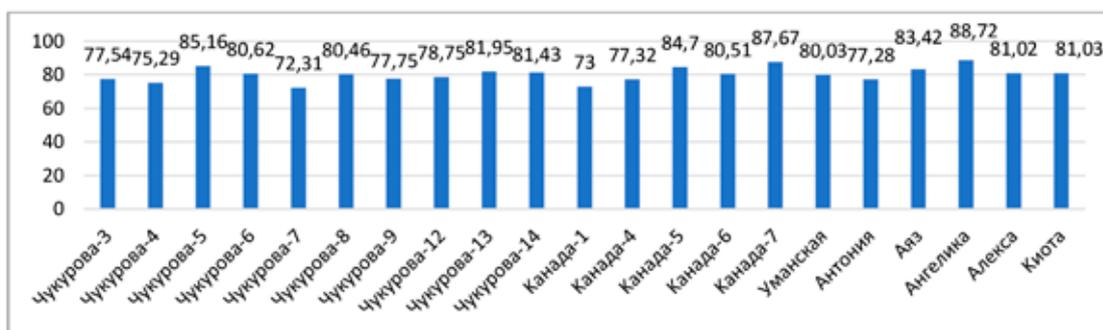


Рис. 2. Водный дефицит листьев растений сои в условиях засухи (%)



(1)



(2)

Рис. 3. Относительное содержание воды в листьях растений сои в условиях орошения: 1 – фаза ветвления, 2 – фаза цветения (%)

В фазе цветения водный дефицит был низким у образцов сортов Ангелика, Канада-7, Чукурова-7, Чукурова-5, соответственно 11,3; 12,3 и 14,8%. Высокие показатели водного дефицита были отмечены у растений сортов Чукурова-4, Чукурова-7, Канада-1: 24,7; 27,7; 27,0%. Во время засухи низкий водный дефицит наблюдался у сортов Ангелика, Антония и Уманская, 14,76; 13,52 и 13,28%, сорта Чукурова-4, Чукурова-5, Чукурова-13, Канада-7 отличились

высоким водным дефицитом: 22,6; 22,4; 23,3 и 24,8% (рис. 2).

Показатели относительного содержания воды в тканях листьев растений сортов сои варьировали в пределах 65,7% (Чукурова-3) и 89,74% (Чукурова-9) в фазу ветвления в условиях орошения (рис. 3). Относительная влажность в фазу цветения составила от 72,3 (Чукурова-7) до 88,7% (Ангелика), в период засухи этот показатель находился в пределах 75,19 (Канада-7) – 86,72%

(Уманская). Относительное содержание воды выше 80,0% наблюдалось у сортов Чукурова-5, Чукурова-6, Чукурова-8, Чукурова-13, Чукурова-14, Канада-5, Канада-6, Канада-7, Уманская, Ангелика, Аяз, Алекса, Киото в фазе цветения; Чукурова-3, Чукурова-6, Чукурова-7, Канада-4, Канада-5, Канада-6, Уманская, Антония, Ангелика, Аяз, Алекса при засухе (рис. 4).

По водоудерживающей способности можно судить о возможности растений противостоять засухе. У контрольных растений (в фазе ветвления) водоудержи-

вающая способность колебалась в диапазоне 27,3 (Чукурова-3) – 50,6% (Антония), в фазе цветения – 30,21 (Чукурова-6) – 70,06% (Канада-6), в условиях засухи – в диапазоне 33,34 (Чукурова-12) – 55,19% (Канада-7) (рис. 5). Анализ процентного соотношения водоудерживающей способности растений, подвергнутых засухе, по сравнению с контрольными образцами, показал меньшую потерю воды у образцов сортов Канада-7 (55,19%), Ангелика (54,27%), Антония (53,17%) и Канада-1 (52,53%) (рис. 6).

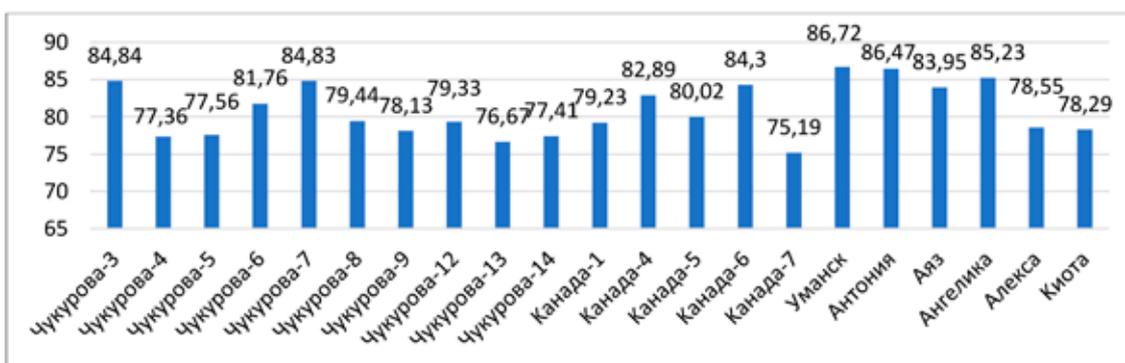
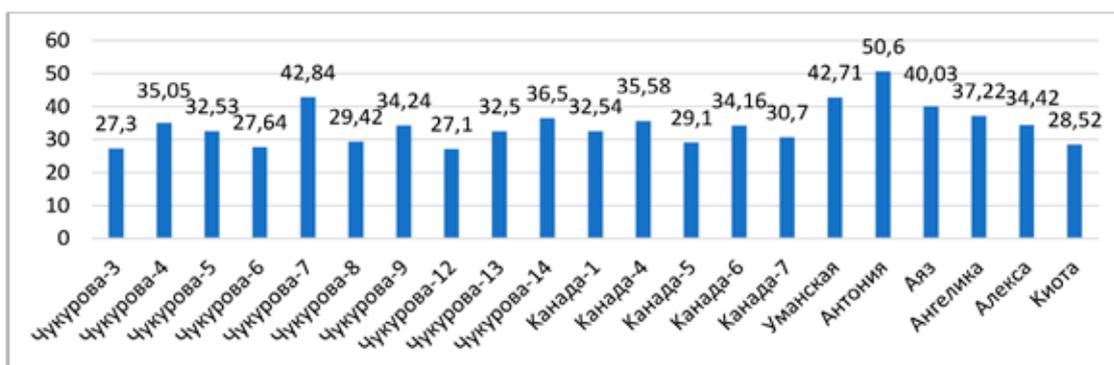
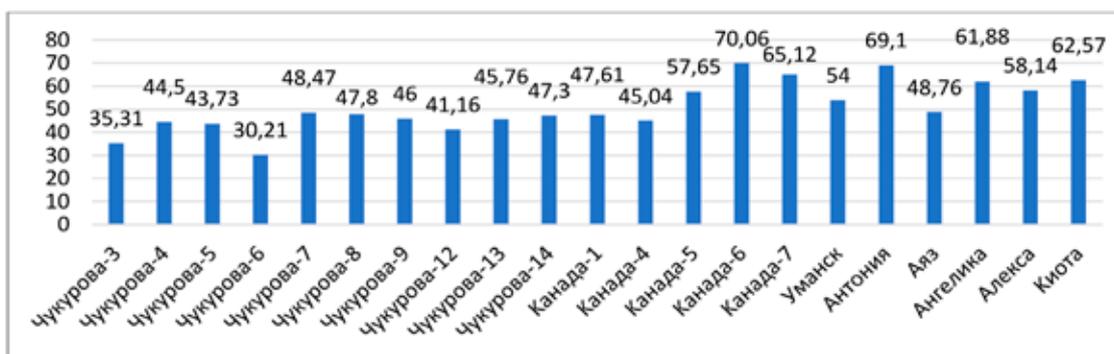


Рис. 4. Относительное содержание воды в листьях растений сои в условиях засухи (%)



(1)



(2)

Рис. 5. Водоудерживающая способность листьев растений сои в условиях орошения: 1 – фаза ветвления, 2 – фаза цветения (%)

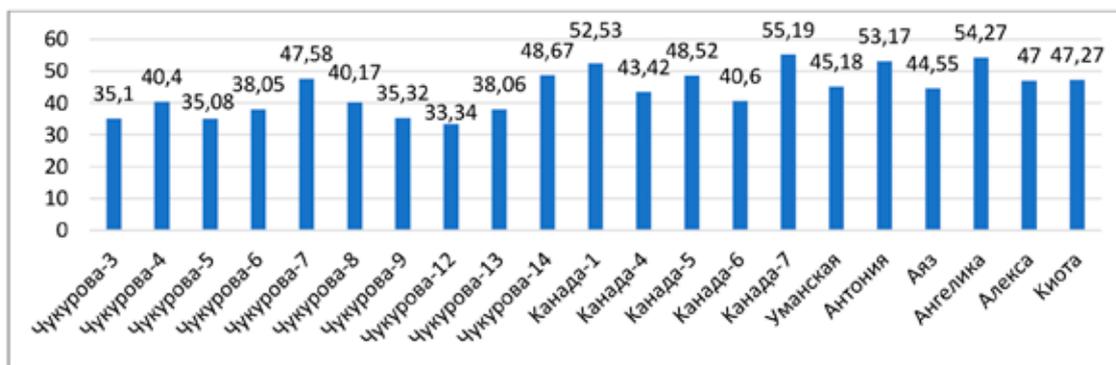


Рис. 6. Водоудерживающая способность листьев растений сои в условиях засухи (%)

При нехватке воды увеличивалась водоудерживающая способность и содержание связанной воды с осмотическими соединениями, накапливающимися в клетках. По мнению авторов, у сортов с более высокой степенью устойчивости по мере увеличения засухи усиливается способность удерживать воду в клетках растений [4]. Величина водоудерживающей способности в условиях засухи увеличилась на 4,6–6,0% по сравнению с фазой ветвления, на 3,1–5,1% по сравнению с фазой цветения. В фазе цветения водоудерживающая способность оказалась выше 50,0% у 8 образцов сои: Уманская (54,0%), Канада-5 (57,7%), Алекса (58,1%), Ангелика (61,9%), Киото (62,6%), Канада-7 (65,1%), Антония (69,1%), Канада-6 (70%). В период засухи этот показатель составил более 50,0% у 4 образцов сортов сои: Канада-1 (52,53%), Антония (53,2%), Ангелика (54,3%), Канада-7 (55,2%). В то же время по мере старения листьев увеличивается водоудерживающая способность. Это было наглядно продемонстрировано в наших экспериментах – увеличение водоудерживающей способности наблюдалось при сравнении фаз ветвления и цветения. В фазу цветения показатель водоудерживающей способности листьев увеличился на 2,9–19,5% по сравнению с фазой ветвления.

В условиях засухи наблюдалось значительное изменение содержания фотосинтетических пигментов (таблица). За счет увеличения содержания $xl a$ и b в условиях засухи сумма $xl(a+b)$ составляла более 100,0% по сравнению с контролем у образцов сортов сои Чукурова-4, Чукурова-5, Чукурова-7, Чукурова-9, Чукурова-14, Канада-1, Канада-7, Аяз, Ангелика. В вариантах опыта Чукурова-3, Чукурова-13, Канада-5, Киото, Алекса произошло снижение содержания пигментов и показатель $xl(a+b)$ варьировал в пределах 83,1–87,99% по сравнению с контролем. Од-

нако, несмотря на низкое значение суммы пигментов, соотношение $xl a/b$ превышало 100,0%, что связано с большим уменьшением содержания $xl b$, чем $xl a$.

Исследования показали, что у большинства образцов наблюдалось увеличение содержания каротиноидов (таблица). У сортообразца Аяз оно составило 140,0%, у сорта Канада-5 – 163,0%, у Чукурова-14 – 175,8, у Канада-1 – 190,0%. По-видимому, 24-часовое воздействие стрессового фактора стимулировало синтез вспомогательных пигментов. Деградация каротиноидов очень сильно проявлялась у растений сорта Ангелика (40,68%).

Повышение и понижение соотношения хлорофилла a/b в опытных вариантах по сравнению с контролем связано с разной реакцией синтеза форм хлорофилла a и b на засуху. Фотосинтетические пигменты составляют основу фотосинтетического аппарата, поглощая световую энергию и превращая ее в химическую. Увеличение содержания хлорофилла в некоторых образцах при низких дозах стресса засухи указывает на то, что небольшой уровень стресса стимулирует синтез пигментов.

Однако по мере увеличения дозы стресса или увеличения его продолжительности в большей степени наблюдается деградация фотосинтетических пигментов. Считается, что причиной резкого снижения содержания обеих форм пигмента является нарушение активности ферментов, индуцирующих их синтез, под влиянием засухи. Важным показателем сбалансированности процессов фотосинтеза является соотношение форм хлорофилла (a/b). Так, $xl a$ входит в состав реакционных центров фотосистем, а $xl b$ – в состав светособирающего комплекса [5]. Следовательно, ослабление синтеза пигментных форм свидетельствует о возникновении нарушений в работе фотосистем и, как следствие, снижении эффективности процессов сбора энергии и биомассы.

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях образцов сои при засухе

Образцы	Содержание хлорофилла								Каротиноиды	
	контроль				засуха				контр.	засуха
	a	b	a+b	a/b	a	b	a+b	a/b		
Чукурова-3	0,968	0,456	1,424	2,12	0,905	0,347	1,253	2,6	1,34	1,632
Чукурова-4	1,045	0,423	1,468	2,47	1,084	0,405	1,489	2,67	1,18	1,53
Чукурова-5	1,006	0,384	1,390	2,62	1,073	0,398	1,471	2,69	1,26	1,6
Чукурова-6	1,049	0,501	1,55	2,09	1,099	0,401	1,5	2,74	1,07	1,67
Чукурова-7	0,787	0,246	1,033	3,20	0,943	0,286	1,229	3,29	0,93	1,48
Чукурова-8	0,986	0,298	1,284	3,30	0,963	0,223	1,186	4,32	1,23	1,59
Чукурова-9	1,023	0,328	1,351	3,12	1,108	0,373	1,481	2,97	1,37	1,91
Чукурова-12	0,815	0,301	1,116	2,71	0,791	0,253	1,044	3,13	1,08	1,25
Чукурова-13	1,405	0,531	1,936	2,64	1,176	0,433	1,609	2,71	1,53	1,88
Чукурова-14	1,219	0,454	1,673	2,68	1,387	0,451	1,838	3,07	0,87	1,84
Канада-1	1,504	0,522	2,026	2,88	1,863	0,540	2,403	3,45	1,48	0,93
Канада-4	0,91	0,331	1,241	2,74	1,282	0,441	1,723	2,91	0,9	1,91
Канада-5	1,061	0,329	1,39	3,22	1,002	0,306	1,308	3,27	1,33	1,71
Канада-6	1,416	0,677	2,093	2,09	1,239	0,538	1,777	2,30	0,72	1,24
Канада-7	1,025	0,327	1,352	3,13	0,931	0,386	1,317	2,41	1,21	1,27
Уманская	1,301	0,47	1,771	2,76	1,184	0,415	1,599	2,85	1,58	1,86
Антониа	1,193	0,419	1,612	2,84	1,105	0,391	1,541	2,83	1,22	1,84
Аяз	0,925	0,357	1,282	2,59	1,021	0,351	1,372	2,91	0,85	1,6
Ангелика	1,318	0,494	1,812	2,67	1,40	0,503	1,903	2,78	1,45	1,48
Алекса	1,371	0,506	1,877	2,71	1,217	0,434	1,651	2,80	1,59	1,59
Киота	1,425	0,497	1,922	2,87	1,188	0,419	1,607	2,83	1,51	1,6

Заключение

В условиях водного стресса низкий уровень дефицита воды соответствовал высокому относительному содержанию воды у образцов сортов Чукурова-3, Чукурова-7, Канада-4, Канада-6, Антониа, Ангелика. У образцов сои Чукурова-7, Чукурова-14, Канада-1, Канада-5, Канада-7, Уманская, Ангелика, Антониа, Алекса и Киота потеря воды оказалась ниже 45,0%. Учитывая, что для устойчивых сортов в нормальных естественных условиях произрастания характерно содержание относительной воды в тканях от 70,0 – 80,0% и выше, образцы со значениями водоудерживающей способности выше 50,0% в условиях засухи, можно считать более устойчивыми (Канада-1, Канада-7, Антониа, Ангелика). Несмотря на относительно низкое значение водоудерживающей способности, образец Чукурова-7 также отличился засухоустойчивостью.

В условиях засухи сумма $xl(a+b)$ относительно контроля составляла более 100% у образцов сортов сои Чукурова-4, Чукуро-

ва-5, Чукурова-7, Чукурова-9, Чукурова-14, Канада-1, Канада-7, Аяз, Ангелика. У большинства образцов наблюдали увеличение содержания каротиноидов.

Список литературы

1. Озякова Е.Н., Поползухина Н.А. Урожайность и качество зерна сои в зависимости от действия биотических факторов и генотипических особенностей // Омский научный вестник. 2014. № 2 (134). С. 213–217.
2. Атабаева Х.Н., Умарова Н.С. Растениеводство. Ташкент, 2015. 378 с.
3. Кожушко Н.Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) / под ред. Г.В. Удовенко. Л.: ВИР, 1988. 222 с.
4. Головина Е.В. Сравнительное исследование засухоустойчивости новых сортов сои различными методами // Земледелие. 2018. № 4. С. 33–35.
5. Ибрагимова З.Ш., Абдуллаева Л.С., Абышова Х.Ш., Керимова Ф.Р., Алиев Р.Т. Активность фотосинтетических пигментов в листьях образцов сои (*Glucine spp.*) при засолении. Основные, малораспространенные и нетрадиционные виды растений – от изучения к внедрению (сельскохозяйственные и биологические науки). Материалы VI Международной научно-практической конференции. Круты, 2022. Т. 1. С. 73–81.

УДК 581.9

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ *PAULOWNIA PAO TONG Z07*

Иманбердиева Н.А., Санжарбекова Ж.С.

Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

Биологическое разнообразие и естественные экологические среды восстанавливают загрязненные и токсичные почвы. Возрастает потребность в растениях, очищающих природу и увеличивающих количество кислорода. Решением такого рода глобальной проблемы является выращивание уникального дерева *Paulownia*. Павлония – быстрорастущее дерево. В исследованиях мы изучили в лабораторных условиях особенности роста и развития *Paulownia Pao Tong Z07* в различных экспериментальных группах. Основываясь на методе посева семян, вырастили саженцы в лабораторных условиях, которые в экспериментальных группах подвергались влиянию стимуляторов роста. Под влиянием питательного экстракта НВ-101 рост оказался очень эффективным. Растения на действие биоумуса проявили средние результаты, почти равные с контрольной группой. Процесс роста и развития каждого растения происходит в экспериментальных группах по-разному. Некоторые экземпляры отстают в росте, но в какой-то период они также быстро произрастают. Из посаженных 90 семян выросли 72 экземпляра растения. Особенностью *Paulownia* являются крупные волокнистые листья, которые выделяют большое количество кислорода в атмосферу, действуют как пыле- и шумоуловители. Благодаря глубокой корневой системе, она эффективно очищает почву от тяжелых металлов и радионуклидов, улучшает плодородие, предотвращает эрозию почвы.

Ключевые слова: павлония, биоремедиация, стимуляторы, рост, окружающая среда

FEATURES OF CULTIVATION *PAULOWNIA PAO TONG Z07*

Imanberdieva N.A., Sanzharbekova Z.S.

Kyrgyz-Turkish «Manas» University, Bishkek, e-mail: nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

Biological diversity and natural ecological environments, restore soil pollution and toxicity. The need for plants that purify nature and increase the amount of oxygen is increasing. The solution to this kind of global problem is the cultivation of a unique tree *Paulownia*. *Paulownia* is the fastest growing tree in the world. In the research, we studied in the laboratory the growth and development features of *Paulownia Pao Tong Z07*, in various experimental groups. Based on the method of sowing seeds, seedlings were grown in laboratory conditions, which in experimental groups were exposed to the effects of growth stimulants. Under the influence of the nutrient extract НВ-101, the growth turned out to be very effective. Plants on the effect of vermicompost showed average results, almost equal to the control group. The process of growth and development of each plant occurs in experimental groups in different ways. Some specimens lag behind in growth, but at some point they also grow quickly. From the planted 90 pieces of seeds, 72 plant specimens grew. A feature of *Paulownia* are large fibrous leaves that emit a large amount of oxygen into the atmosphere, act as dust and noise traps. Thanks to the deep root system, it effectively cleans the soil of heavy metals and radionuclides, improves fertility, prevents soil erosion.

Keywords: paulownia, bioremediation, stimulants, growth, environment

В XXI в. павлония считается быстрорастущим деревом, обладающим уникальными свойствами. Саженцы павлонии, высаженные на постоянное место, через два месяца вырастают примерно до 1–1,5 м, через полгода – 3–4 м, через год – 5–6 м, через три года – 14–15 м и в возрасте 7–8 лет могут использоваться как качественная древесина.

Paulownia, или Адамово дерево, «Дерево будущего», «Чудо-дерево», а в Кыргызстане – «Кут дарак», дерево благоденствия, – одно из самых быстрорастущих древесных растений на Земле, обладающее ценными качествами. Латинское название дерева «*Paulownia*» было дано швейцарским ботаником Тунбергом, в 1835 г. голландские ботаники Зуккарини и Зибольд в результате исследований выяснили, что *Paulownia* относится к семейству *Scrophulariaceae* [1, с. 230].

В природе, при теплом климате, высота деревьев этого рода может превышать 20 м. Ствол павлонии прямой, цилиндрической

формы. Форма пышной кроны округлая или раскидистая, зависит от разновидности растения и способа обрезки дерева. Кора гладкая, сероватая, с небольшими прожилками. Ветви слегка опушенные. Цветут метелками до появления листьев. Соцветия располагаются на верхушке дерева. Цветки обоеполые, колокольчатые. При созревании плодов в коробочках образуются мелкие крылатые семена.

По химическому составу цветки павлонии в основном состоят из флавоноидов, фенилпропаноидов, терпеноидов, летучих компонентов, полисахаридов, лигнанов и иридоидов, которые обладают различными полезными для здоровья свойствами, такими как антиоксидантное, противовоспалительное, антибактериальное, противовирусное, противораковое, гипогликемическое, гиполипидемическое, нейропротекторное и иммунорегулирующее [2, с. 1].

Листья крупные, сердцевидные, супротивные, черешки длинные (15–25 см), ниж-

няя сторона шелковистая. Листья павловнии отличный корм для скота, по составу близки к люцерне. В зеленой массе содержится около 20%, после листопада – 12% протеинов, также она богата микроэлементами. При проведении сравнительного анализа содержания питательных веществ в люцерне посевной (*Medicago sativa*), павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa*), красном клевере (*Trifolium pratense*), суданской траве (*Sorghum × drummondii*) и овсянице луговой (*Festuca pratensis*), выявили, что павловния войлочная (*Paulownia tomentosa*) по питательным свойствам занимает второе место после люцерны (*Medicago sativa*) [3, с. 49].

В листьях павловнии содержатся флавоноиды, одно из наиболее востребованных биологически активных веществ. Проведенный анализ по методикам, принятым в химии растительного сырья, показал, что в составе полифенольных соединений содержание флавоноидов составило около 2,4%. При анализе спиртового экстракта было определено, что содержание флавоноидов составляет 1,4% [4, с. 343].

Павловния размножается семенами, черенками, прикорневой порослью. Каждый способ характеризуется своими особенностями, трудностями и преимуществами.

При микроклональном размножении павловнии войлочной выявлено, что растения, которые были получены путем размножения в тканевых культурах *in vitro*, развиваются лучше, чем те, которые были получены из семян. По результатам экспериментов отмечена 100%-ная стерильность эксплантов и не выявлено повреждений [5, с. 73].

Павловния имеет ряд преимуществ: ускоренный метаболизм, который способствует быстрому росту, крупные листья производят большое количество кислорода, тем самым очищают воздух эффективнее, по сравнению с другими древесными растениями. Павловния имеет разветвленный стержневой корень, длиной около 9 м, что позволяет ей быть гораздо устойчивее к ветрам и использоваться для создания ветрозащитных поясов [6, с. 8].

Павловния поражается насекомыми-вредителями. В основном заражается ведьминой метлой (грибковое заболевание) и страдает от насекомых (*Agrotis ypsilon* (Rott.), *A. toxionis* Butler, *Euxoa segetum* Schiff, *Serica orientalis* Matsch, *Anomala corpulenta* Matsch, *Holotrichia diomphalia*, *Gryllotalpa unispina* Saussure, *G. africana* palisot de Beauvois, *Empoasca flavescens* (Fabricius), *Cicadalla viridis* L., *Cryptotothlea variegata* Snellen, *Psilogamma menephron* Cramer, *Batocera horsfieldi* Hope, *Megopis sinica* White

and *Basiprionota bisignata* Boh.), поедающих их листья [7, с. 52].

По литературным данным, на различных стадиях вегетации в свежих органах павловнии содержится высокое количество ионов тяжелых металлов, например железа (в первой половине вегетации), цинка (в летний период), но к концу вегетации содержание их резко падает. Накопление этих элементов в растении зависит от их содержания в почве и биологической доступности. Павловния также способна накапливать в древесине значительные количества микроэлементов, таких как марганец, свинец, барий, селен, цезий, мышьяк [8, с. 2].

В пределах городских территорий негативное влияние на растительность оказывают три фактора – это всестороннее воздействие урбанизированной среды, сильно загрязненный атмосферный воздух, а также почва и различного рода рекреационные нагрузки. Зеленые насаждения в урбанизированной среде обитания человека играют разнообразные роли, например средообразующую, гигиеническую, эстетическую, оздоравливающую. Однако изменения окружающей среды в неблагоприятную для растений сторону снижают устойчивость, долговечность и эффективность выполнения своих функций, легко повреждаются насекомыми и заболеваниями [9, с. 152].

В создании благоприятных условий для жизнедеятельности человека очень важна санитарно-гигиеническая роль растений, которые поглощают из воздуха различные токсические вещества и задерживают на поверхности ассимиляционных органов значительное количество пыли. Зеленые насаждения участвуют в формировании микроклимата территории населенных пунктов и обеспечивают защиту человека от неблагоприятных климатических воздействий. Древесные растения очищают, увлажняют и обогащают кислородом атмосферу городов, изменяют радиационный и температурный режимы, снижают силу ветра и шума [10, с. 86].

Павловния после вырубki не требует повторной посадки, так как имеет высокую регенеративную способность и может восстановиться при возделывании в течение 70 лет [11, с. 16]. Она, как и все древесные растения, имеет большое значение для окружающей среды. В населенных пунктах снижает шум, защищает от вредных газов, ветра, выделяет большое количество кислорода, очищает от болезнетворных бактерий, снижает запыленность атмосферы.

Главная обязанность современного общества – защищать и улучшать природные зоны, зеленые насаждения городского ланд-

шафта и передавать их следующим поколениям [12, с. 25].

Цель исследования – изучить в лабораторных условиях особенности роста и развития *Paulownia* Rao Tong Z07 в различных экспериментальных группах.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – сорт павловнии Rao Tong Z07. Этот сорт является наиболее уникальным, он был выведен на основе трех видов павловнии: *Paulownia tomentosa*, *P. fortunei* и *P. kawakamii*. Обладает отличной скоростью роста, способен приспосабливаться к изменениям температуры окружающей среды и почвы. Устойчив к болезням, температурным перепадам и холоду до $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ (самый холодостойкий из всех сортов). Основываясь на методе посева семян [13, с. 59; 14, с. 73; 15, с. 336], семена исследуемого сорта павловнии посадили в специальные деревянные ящики, наполненные почвосмесью (чернозем + биогумус), в количестве 90 шт. Ящики поместили в флористический шкаф автоматической саморегуляции (16 часов дня и 8 часов ночи), с температурой $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, мощностью 40 Вт. Поливали обычной водой через день. Фенологические наблюдения за количественной оценкой прорастания семян проводились в неделю один раз. Для пересадки выросших ростков использовали сначала бумажные стаканчики, затем горшочки диаметром 15 см. С момента пересадки выросших росточков в стаканчики мы разделили их поровну на три экспериментальные группы, которые затем поливали: первая группа – (вода + стимулятор роста НВ-101, 10 капель на 5 л воды), вторая группа – (вода + биогумус), третья контрольная группа – (вода).

НВ-101 представляет собой концентрированную несинтезированную питательную формулу, изготовленную из растительных экстрактов гималайского кедра, кипариса, сосны и подорожника. Препарат стимулирует рост растений, улучшает прорастание семян, повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Результаты исследования и их обсуждение

В исследовании авторов проведены эксперименты роста и развития сорта павловнии (*Paulownia* Rao Tong Z07) в лабораторных условиях. Семена были привезены из Болгарии.

Семена высадили в специальные ящики, покрыли клеенкой и поместили в флористический шкаф (рис. 1). Рост и развитие всходов павловнии в ящиках продолжались более трех месяцев (11.11.2022 – 26.02.2023).

Первые всходы наблюдались на 7-й день после посадки семян. Сроки прорастания семян отличались друг от друга, к концу января количество появившихся всходов составило 90% от общего количества высаженных семян (рис. 2).

В ноябре – декабре наблюдался медленный рост, с середины января развитие начало усиливаться (рис. 3).

Укоренившиеся ростки высотой 4–5 см в количестве 81 шт. были посажены в бумажные стаканчики, которые разделили на три группы. 9 семян не взошли. Полив в экспериментальных группах производился в режиме, указанном в разделе «Материалы и методы исследования». Рост и развитие растений в бумажных стаканках продолжались почти месяц (26.02.2023 – 28.03.2023) (рис. 4).



Рис. 1. Ящики, помещенные в флористический шкаф



Рис. 2. Появившиеся всходы семян

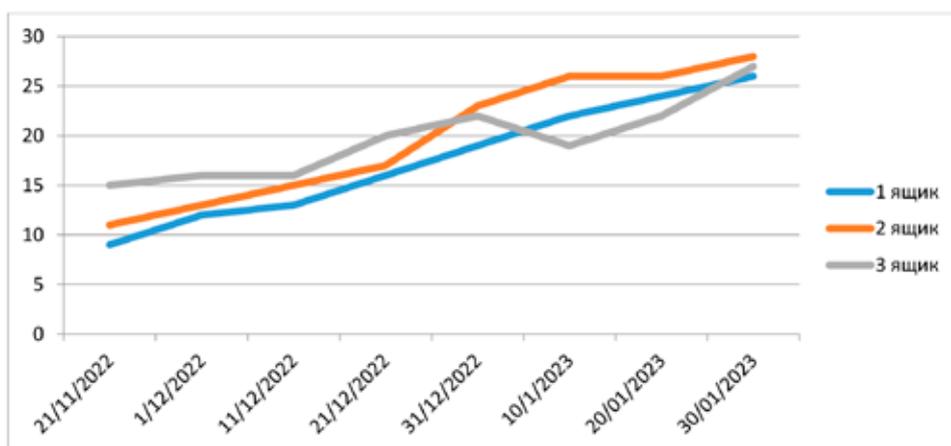


Рис. 3. Количественный рост растений из семян



Рис. 4. Рост и развитие растений в бумажных стаканах

На этом этапе наблюдался бурный рост растений, причем в первой группе влияние стимулятора НВ-101 оказалось очень эффективным. Средняя высота растений в марте

достигла более 10 см (рис. 5). Развитие растений во второй и контрольной группах показало почти одинаковые результаты, около 10 см (рис. 5).

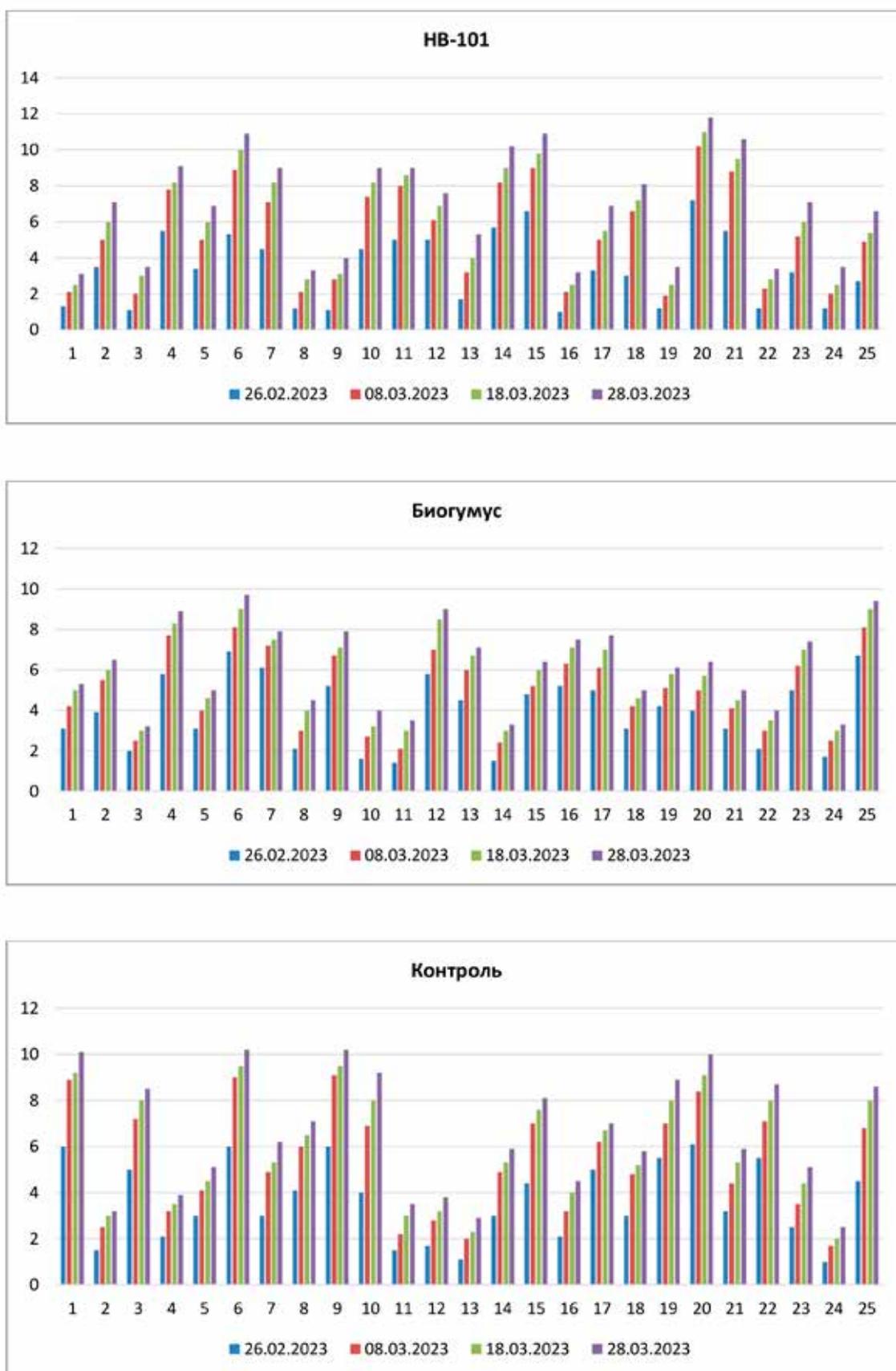


Рис. 5. Рост растений в экспериментальных группах в течение месяца



Рис. 6. Пересадка растений в горшки

Положительное влияние биогумуса приравнивается к контролю. Из этого следует, что биогумус для роста и развития исследуемого сорта павловнии оказался неэффективным. Рост и развитие каждого растения происходят во всех группах по-разному. Как видно, некоторые экземпляры отстают в росте, но в какой-то период они также быстро произрастают. Из 81 шт. растений, пересаженных в стаканы, по 2 шт. с каждой группы не выжили. Всего осталось 75 шт. растений.

Как видно из рисунка, усиленный рост наблюдался сразу после пересадки в период с 26.02.2023 по 08.03.2023. В последующие дни рост стабилизировался.

С наступлением весны рост растений усиливается, уже через месяц (28.03.2023) пересадили их в горшочки диаметром 15 см (рис. 6).

Полив производился так же, как выше указано, в трех группах. Месячный прирост саженцев (28.04.2023) в среднем достиг: в первой группе (вода + НВ-101) – 25 см высоты, ширина листовая пластинки – 15 см; во второй группе (вода + биогумус) – 13 см, ширина листа – 10 см; в третьей контрольной группе (вода) – 15 см и 12 см соответственно. По результатам исследований следует, что стимулятор роста НВ-101 оказывает наиболее эффективное влияние на рост и развитие *Paulownia Pao Tong Z07*. Рост и развитие растений второй группы (вода + биогумус) также немного отстают от контрольной.

В конце эксперимента осталось 72 саженца, 2 экземпляра из второй экспериментальной группы (вода + биогумус) и 1 из контрольной группы не выжили. Выясняется, что саженцы, при поливе раствором биогумуса не дают положительного результата по сравнению с контрольной группой. Таким образом, до осени можно вырастить годовалые саженцы павловнии, которые являются индикатором в фиторемедиации урбанизированных территорий.

Заключение

Эксперименты с ростом и развитием сорта павловнии (*Paulownia Pao Tong Z07*), выявили, что при росте и развитии этого растения важен выбор стимуляторов роста, поскольку растение по-разному реагирует на их действия. Стимулятор роста НВ-101 очень эффективно повлиял на развитие растения. Наблюдения в данном эксперименте показали, что вода также дает положительные результаты.

Павловния – декоративное и медоносное дерево, быстро приспособляется к местности, устойчиво к погодным условиям, восстанавливает почву.

Список литературы

1. Alperen Kaymakçı, Bekir Cihad Bal, İbrahim Bektaş “Pavlonya Odununun Bazı Özellikleri ve Kullanım Alanları”. Kastamonu Üni. // Orman Fakültesi Dergisi. 2011. № 11 (2). S. 228–238.
2. Guo Na et al. Chemical composition, health benefits and future prospects of Paulownia flowers: A review // Food chemistry. 2023. Vol. 412. P. 135496. [Электронный ресурс]. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36720182/> (дата обращения: 25.03.2023). DOI: 10.1016/j.foodchem. 2023.135496.
3. Андрейчук Д.А., Еременко О.Н. Павловния как ценная кормовая культура // Научные исследования в современном мире. Теория и практика: сборник избранных статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 10 мая 2022 г.). СПб.: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «Нацразвитие», 2022. С. 48–50.
4. Романова М.Н., Троцкий Ю.А., Шимова Ю.С. Содержание флавоноидов в листьях Павловнии // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сборник материалов по итогам Всероссийской научно-практической конференции (Красноярск, 29 октября 2021 г.). Красноярск: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2022. С. 342–344.
5. Жарасова Д.Н., Толеп Н.А. Микрклональное размножение павловнии войлочной // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2022. № 21–1. С. 71–74.
6. Преимущества использования павловнии для озеленения (2020). [Электронный ресурс]. URL: https://www.karvia.com/wpcontent/uploads/2020/12/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-PGU-2-GC_9.pdf (дата обращения: 18.03.2023).

7. Zhao-Hua Z., Ching-Ju C., Xin-Yu L., and YaoGao X. *Paulownia in China: Cultivation and Utilization*. Chinese academy of Forestry: Beijing, 1986. 65 p.
8. Тыщенко Е.Л., Якуба Ю.Ф. Павловния войлочная как биоиндикатор степени загрязненности почв // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 29 (5). С. 18–27.
9. Хаматдинова Д.Н. Оценка жизненного состояния хвойных и лиственных древесных растений в урбанизированной среде города Уфа // Энигма. 2020. № 23. С. 151–155.
10. Богданов А.С., Розломий Н.Г. Оценка экологического состояния деревьев лиственных и хвойных пород в зеленых насаждениях Г. Уссурийска Приморского края // Аграрный вестник Приморья. 2022. № 2 (26). С. 86–90.
11. Кайимов А., Мамадалиева С.Б. Саженьцы дерева Павловнии Крым // Приоритетные направления развития науки и образования: сборник статей XIX Международной научно-практической конференции (Пенза, 30 июня 2021 г.). Пенза: ООО «Наука и Просвещение», 2021. С. 15–16.
12. Gidlow C.J., Jones M.V., Hurst G., Masterson D., Clark-Carter D., Tarvainen M.P., Nieuwenhuijsen M. Where to put your best foot forward: psycho-physiological responses to walking in natural and urban environments // *J. Environ. Psychol.* 2016. № 45. P. 22–29.
13. Воронин Н.С. Руководство к лабораторным занятиям по анатомии и морфологии растений. 3-е изд. М.: Просвещение, 1981. 160 с.
14. Хржановский В.Г., Пономаренко С.Ф. Ботаника. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1988. 383 с.
15. Бавтуго Г.А. Лабораторный практикум по анатомии и морфологии растений. Минск: Высшая школа, 1985. 352 с.

СТАТЬИ

УДК 616-056.7-084:37

**МЕДИКО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЩЕНИЕ КАК СПОСОБ
ПРОФИЛАКТИКИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПАТОЛОГИИ****Зенкина В.Г., Пыхтина О.В.***ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Владивосток, e-mail: mail@vgmu.ru*

Организации здравоохранения всего мира уделяют особое внимание репродуктивному здоровью женщин, безопасному материнству и рождению здоровых детей. Врожденные и наследственные заболевания часто являются причиной смертности и инвалидизации новорожденных. Оценка уровня просвещенности о методах и необходимости пренатальной диагностики является самым доступным и простым способом выявления информационных пробелов на тему репродуктивного здоровья среди женщин, чем и обусловлена ее актуальность. Проведен анализ данных анкетирования 531 студентки медицинского вуза в отношении вопросов репродуктивного здоровья, профилактики наследственных болезней, врожденных пороков развития, неинвазивной и инвазивной пренатальной диагностики и прегравидарной подготовки. В целях дополнительного изучения динамики врожденных пороков развития за 2022 год в Приморском крае, возможностей современной генетической лаборатории проведена работа в медико-генетической консультации, выявлены 52 порока развития. Уровень просвещенности обучающихся определен как достаточно высокий, за исключением некоторых узкопрофильных моментов (прегравидарная подготовка, сроки скрининговых обследований). Медико-генетическое просвещение несомненно повышает качество жизни отдельных людей и целых поколений. Совершенствование методов неинвазивной и инвазивной пренатальной диагностики, доступность геномных технологий репродуктивного генетического обследования повышают эффективность медико-генетического консультирования.

Ключевые слова: медико-генетическое просвещение, оценка эффективности, пренатальная диагностика, профилактика врожденных пороков развития и наследственных болезней

**MEDICAL AND GENETIC EDUCATION
AS A WAY TO PREVENT HEREDITARY PATHOLOGY****Zenkina V.G., Pykhtina O.V.***Pacific State Medical University, Vladivostok, e-mail: mail@vgmu.ru*

Particular attention is paid to the reproductive health of women, safe motherhood and the birth of healthy children by the health care of the whole world. Congenital and hereditary diseases are often the cause of death and disability in newborns. Assessing the level of awareness about the methods and the need for prenatal diagnosis is the most accessible and simple way to identify information gaps on the topic of reproductive health among women, which determines its relevance. An analysis of the data of a survey of 531 medical students regarding reproductive health, prevention of hereditary diseases, congenital malformations, non-invasive and invasive prenatal diagnosis and preconception preparation was carried out. In order to further study the dynamics of congenital malformations for 2022 in the Primorsky Territory, the capabilities of a modern genetic laboratory, work was carried out in a medical genetic consultation, 52 malformations were identified. The level of enlightenment of students is defined as quite high, with the exception of some narrow-profile moments (pregnancy preparation, the timing of screening examinations). Medical genetic education undoubtedly improves the quality of life of individuals and entire generations. Improving the methods of non-invasive and invasive prenatal diagnostics, the availability of genomic technologies for reproductive genetic testing increases the effectiveness of medical genetic counseling.

Keywords: medical genetic education, efficiency mark, prenatal diagnosis, prevention of congenital malformations and hereditary diseases

Одним из направлений работы Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) является обеспечение безопасного материнства, предполагающего наступление желанной, беспроблемной беременности у каждой женщины и рождение здоровых детей [1, 2]. Безусловно, достичь этого помогают особые программы – национальные проекты «Здоровье» и «Демография», а также индивидуальные мероприятия по здоровому образу жизни, профилактике соматических заболеваний и сохранению репродуктивного здоровья у девочек – будущих матерей.

Врожденные пороки развития (ВПР) плода занимают 1-е место среди причин младенческой смертности и 2-е место в причинах детской инвалидизации [3, 4]. Ежегодно в мире рождается от 10 до 20 млн детей с врожденными аномалиями, среди живорожденных 1 из 30 – с ВПР. По данным ВОЗ, 4,6% заболеваний приходится на врожденные и наследственные заболевания, 2,5% – пороки развития, 0,8% – хромосомные нарушения и 1% – моногенные заболевания. Наиболее частыми являются пороки костно-мышечной системы – 21,6%,

сердечно-сосудистой – 14,9%, нервной – 8,9% и органов пищеварения – 4,9%. За последние 20 лет отмечаются значительное снижение показателей младенческой смертности в России, а также уменьшение количества новорожденных, умерших от врожденных аномалий и ВПР, деформаций и хромосомных aberrаций, на 57% [4, 5]. Многие наследственные болезни протекают крайне тяжело, с вовлечением нескольких систем органов, и практически не поддаются этиологическому лечению, доступными остаются симптоматические и патогенетические методы лечения, часто дорогостоящие и малоэффективные. Генетический груз в эволюционной биологии постоянно растет, продолжают накапливаться вредные для популяции аллели, увеличивается число новых наследственных нозологий, орфанных заболеваний. Единственной возможностью уменьшить столь тяжелый «социальный груз» врожденных пороков и аномалий представляется проведение профилактических мероприятий посредством просвещения школьников и молодых людей в данном направлении. Современная диагностика ВПР достигается за счет ранней постановки беременной женщины на учет, сбора качественного акушерско-гинекологического анамнеза и проведения скрининговых мероприятий в установленные сроки. Соблюдение этих условий возможно при наличии достаточной информации у женщины о контрольных сроках обследования, диагностической важности этих мероприятий и методах пренатальной диагностики [6, 7].

Цель исследования – оценить уровень информированности студенток медицинского вуза о необходимости и методах пренатальной диагностики, прегравидарной подготовки как способа профилактики наследственных болезней и ВПР.

Материал и методы исследования

Для достижения цели была разработана анкета, в которой собрали различные вопросы (от общих демографических показателей до узконаправленных: о профилактике наследственных болезней, методах пренатальной диагностики, видах скрининга и сроках его проведения, прегравидарной подготовке). На основании результатов анкетирования провели анализ данных и их статистическую обработку. В исследовании участвовала 531 студентка младших курсов ТГМУ. Также в целях дополнительного изучения динамики ВПР за 2022 год в Приморском крае, возможностей современной генетической лаборатории проведена работа в медико-генетической консультации

Приморского краевого перинатального центра (заведующая МГК Е.Ю. Милкина).

Результаты исследования и их обсуждение

В анкетировании приняли участие 531 студентка младших курсов ТГМУ: девушек 17–20 лет – 339 человек, что составило 64%, 21–25 лет – 177 человек (33%), а также 15 человек (3%) приходится на более старшую возрастную группу 25+. Всех респонденток разделили на три основные группы: 1) студентки специальности «Лечебное дело» – 312 человек; 2) студентки специальности «Педиатрия» – 144 человек; 3) студентки специальности «Медико-профилактическое дело» (МПД) – 75 человек.

По результатам проведенного опроса достоверно определено, что большинство девушек – будущих врачей являются грамотными и образованными в вопросах профилактики наследственных болезней (75%), планирования беременности, сроков постановки на учет (88%) и прегравидарной подготовки (57%) (рис. 1). Так, 23% опрошенных дважды в год интересуются своим женским здоровьем и посещают специалиста, а 77% делают это один раз в год. Большинство имеют представление о методах контрацепции и предотвращения нежелательной беременности, 17% используют комбинированные оральные контрацептивы, 44% – механическую контрацепцию. Большая часть анкетированных стать матерью в ближайшие 5 лет не планируют.

Уже на первом курсе на разных дисциплинах, включая биологию, студенты получают первые знания о наследственных болезнях, их диагностике и профилактике, что подтверждают 75% девушек. Более того, 87–91% точно понимают необходимость ранней постановки на учет по беременности с целью профилактики наследственных болезней и врожденных пороков развития у плода, 77% осведомлены о наследственных заболеваниях в своей семье. Но всего 48–49% верно определили сроки первого массового скринингового исследования (тройного теста: альфафетопротеин, хорионический гонадотропин человека и свободный эстриол), 28% уже владеют информацией о клинической значимости данных маркеров. Массовая неинвазивная диагностика в виде ультразвукового исследования и сроки его проведения известны почти 68% девушек, а 84% будущих врачей специальности «Лечебное дело» указали, что для проведения инвазивной диагностики необходимы строгие показания и она носит индивидуальный характер (рис. 1).

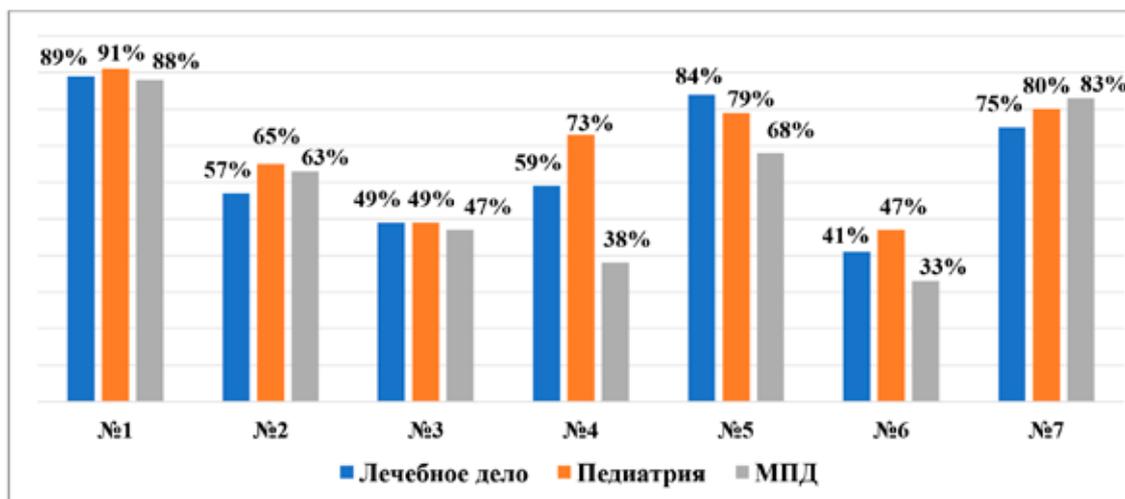


Рис. 1. Ответы респонденток трех специальностей на некоторые вопросы анкеты:
 № 1 – о ранней постановке на учет по беременности; № 2 – о сроках скринингового УЗИ;
 № 3 – о тройном тесте на ВПР; № 4 – о методах и показаниях пренатальной диагностики;
 № 5 – о показаниях к инвазивной диагностике; № 6 – о прегравидарной подготовке;
 № 7 – о факторах риска наследственных заболеваний в своей семье

О существовании медико-генетической консультации (МГК) известно большинству респонденток. МГК перинатального центра г. Владивостока своей задачей ставит не только предупреждение появления в семьях больных детей с врожденной патологией, но и совершенствование методов пренатальной диагностики, просвещение населения, что, в свою очередь, повышает эффективность консультации. Посредством генетического консультирования женщины получают информацию о диагностике и рисках, в результате возрастает желание иметь больше детей, особенно в семьях, где уже есть дети [2, 8]. Так, 13 человек, имеющих семьи и детей, отметили свою практически 100%-ную заинтересованность в получении дополнительной информации о МГК, факторах риска, профилактике ВПР, методах прегравидарной подготовки и пренатальной диагностики. Из трех основных групп респонденток 76% во второй группе – будущие детские врачи нацелены на получение дополнительной информации в данном вопросе, в то время как самыми грамотными («нам все известно, дополнительная информация не нужна») считают себя представители специальности «Лечебное дело» – 41%. Комплекс наиболее верных мероприятий с целью профилактики ВПР: здоровый образ жизни, отказ от вредных привычек за 3 месяца до зачатия, профилактика ОРВИ, а также прием фолиевой кислоты (профилактика дефектов нервной трубки) на этапе подготовки к беременности – из-

вестен 88% опрошенных. Наиболее знающими оказались будущие врачи специальности «Педиатрия», которые практически в каждом вопросе немного опередили своих коллег других специальностей (рис. 1).

По данным МГК перинатального центра г. Владивостока, за 2022 год выявлено 52 случая ВПР, 23 из которых – пороки мочеполовой системы, 7 – пороки лица, 5 – желудочно-кишечного тракта, 1 – синдром Дауна (рис. 2). Пропущенными, к сожалению, диагностированными после рождения оказались 170 случаев: 65 пороков сердца, 54 порока мочеполовой системы, 28 пороков конечностей, 17 пороков желудочно-кишечного тракта, 14 пороков лица, 11 случаев синдрома Дауна и других наследственных синдромов.

Устрашающие цифры врожденных патологий должны повысить интерес у будущих матерей, врачей всех специальностей к сохранению и улучшению репродуктивного здоровья, методам диагностики и профилактики ВПР. Пренатальным скринингом называют исследования, проводимые беременным женщинам с целью выявления групп риска осложнений беременности, в том числе и ВПР плода. Массовый скрининг проводится всем беременным женщинам, а селективный – в группе риска с целью уточнения той или иной патологии плода. Методы скрининга безопасны, исследования проводятся в определенные сроки беременности и позволяют получить достоверную информацию о риске развития ВПР как можно раньше [8, 9, 10].



Рис. 2. Динамика выявленных в пренатальном периоде и родившихся детей с пороками развития в Приморском крае за 2022 год

Для вычисления рисков в МГК перинатального центра г. Владивостока используется специальное программное обеспечение – программа Astraia. Данная программа вычисляет степень отклонения значения различных показателей (биохимических маркеров, ультразвуковых критериев) от среднего значения (медианы) с учетом дополнительных факторов, таких как: масса тела пациентки, расовая принадлежность, курение, возраст и др. При врожденных пороках плода определяется резкое отклонение двух и более показателей от медианы, и программа рассчитывает возможный риск ВПР. При высоком риске врожденных патологий рекомендуется проведение инвазивной пренатальной диагностики: трансцервикальной или трансабдоминальной биопсии хориона или плаценты, амниоцентеза, кордоцентеза, эффективность получения материала при которых составляет от 90 до 100%. Клеточный материал плода и провизорных органов подвергается кариотипированию или ДНК-диагностике, что позволяет уточнить предполагаемый диагноз.

В настоящее время геномные технологии применяются для репродуктивного генетического обследования [8, 11, 12]. Тестирование циркулирующей внеклеточной ДНК во время беременности на хромосомные аномалии плода становится все более широко используемым в качестве скринингового теста, а расширенный скрининг на носительство аутосомных и X-сцепленных рецессивных заболеваний для более чем ста состояний эффективен до и во время беременности [6, 8]. К со-

жалению, они доступны только в качестве коммерческого теста. Целью репродуктивного генетического скрининга является облегчение самостоятельного репродуктивного выбора.

Заключение

Современное образованное общество проявляет все больше интереса к проблемам генетики, генетическому профилю человека. С каждым годом увеличивается количество людей, стремящихся узнать о своих наследственных особенностях, рисках развития тех или иных заболеваний, способности к физическим нагрузкам и спорту. Все больше пациентов решают пройти генетическое консультирование и определить генетический паспорт с целью профилактики наследственно обусловленных злокачественных образований. Вероятно, генетическая информация, полученная человеком, может как вдохновить, так и негативно сказаться на его частной жизни. Но оставаться в неведении в эпоху огромных генетических возможностей и развития современных высокотехнологичных методов лечения точно не имеет смысла.

Уровень просвещенности (медико-генетическая образованность) напрямую коррелирует с качеством здоровья матери и ее будущего ребенка. Возможно, причиной высокого уровня распространенности ВПР в Приморском крае является недостаточная информированность населения о данной проблеме и возможностях лечения. Увеличение качества знаний на тему репродуктивного здоровья и планирования беременности, доступность адекватной

информации, современная диагностика, а главное – профилактика ВПР способствуют повышению качества жизни как отдельных людей, так и целых поколений. Совершенствование методов неинвазивной и инвазивной пренатальной диагностики, доступность геномных технологий репродуктивного генетического обследования повышают эффективность МГК. Решение задач медико-генетического консультирования зависит от организации службы генетических консулчей и просвещения населения. В целом, есть возможности для улучшения генетического консультирования: обновляющаяся актуальная информация в средствах массовой информации и медицинских каналах, электронные средства обучения и памятки для будущих родителей, психосоциальная поддержка семей, где есть «особенный» ребенок. Несмотря на методологические трудности, наше исследование и недавние научные публикации убедительно свидетельствуют о том, что генетическое консультирование успешно информирует консультируемых о диагностике и рисках, а разнообразие подходов эффективно для достижения образовательных целей.

Список литературы

1. Астраханцева М.А., Кику П.Ф., Воронин С.В., Сухова А.В. Профилактика и диагностика врожденных пороков развития // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021. Т. 61, № 3. С. 230-237.
2. Григорьева К.Н., Бакумец В.С. Медико-генетическое консультирование как этап профилактики наследственных заболеваний // *Молодой ученый*. 2021. № 46(388). С. 30-32.
3. Боймуродов Б.Н., Халикова М.Д., Вохидов А.В. Перинатальные предикторы детской инвалидности // *Вестник СурГУ. Медицина*. 2021. № 2 (48). С. 37-41.
4. Мильчаков Д.Е., Гусева Е.А. Врожденные пороки развития у детей первого года жизни за период 2016-2018 годы (на примере Кировской области) // *Медицинское образование сегодня*. 2021. № 3(15). С. 13-22.
5. Мирзабекова Б.Т. Потенциальные факторы риска перинатальных потерь // *Вестник последиplomного образования в сфере здравоохранения*. 2020. № 1. С. 58-64.
6. Солодкова О.А., Зенкина В.Г. Высокотехнологичные методы диагностики хромосомной патологии // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 6-2. С.280-284.
7. Тельшьева Т.В. Медико-генетическое консультирование, как основа профилактики наследственных болезней // *Вестник научных конференций*. 2019. № 1-3(41). С. 106-108.
8. Metcalfe S.A. Genetic counselling, patient education, and informed decision-making in the genomic era // *Semin Fetal Neonatal Med*. 2018. Vol. 23. No. 2. P. 142-149. DOI: 10.1016/j.siny.2017.11.010.
9. Au M.G. Partners in care // *Am J. Med. Genet A*. 2021. Vol. 185. No. 9. P. 2630-2632. DOI: 10.1002/ajmg.a.62149.
10. Нечунаева А.Н., Ботоева Е.А., Жовтун Л.М. Анализ частоты выявления врожденных пороков развития у плода за последние 3 года // *Вестник Бурятского государственного университета. Медицина и фармация*. 2020. № 1. С. 75-82.
11. Kubendran S., Sivamurthy S., Schaefer G.B. A novel approach in pediatric telegenetic services: geneticist, pediatrician and genetic counselor team // *Genet Med*. 2017. Vol. 19. No. 11. P. 1260-1267. DOI: 10.1038/gim.2017.45.
12. Juchenko L.A., Kasimovskaia N.A., Yakushina I.I. The medical genetic counseling and prevention of inborn and congenital pathology in the Russian Federation // *Probl. Sotsialnoi. Gig. Zdravookhraneniiai Istor. Med*. 2015. Vol. 6. P. 38-40.

УДК 616-093/-098-03-002.2

ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИОЦИНОВ БУЛЬОННЫХ КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ МЕСТНОГО ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

¹Нуралин Р.Ш., ¹Сраилова К.Б., ¹Екибаев Т.Р., ²Раймкулов Б.Н., ³Даньярова Л.Б.

¹НКЦ «Диабетическая стопа», Алматы, e-mail: nuralin.rustem@mail.ru;

²КазНМУ им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, e-mail: raibek777@mail.ru;

³НИИ кардиологии и внутренних болезней, Алматы, e-mail: lbdanyarova@mail.ru

В данной статье изложены современные представления об изучении эффективности и безопасности местного применения гибридной биodeградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa*, в комплексном лечении синдрома диабетической стопы. Проведено проспективное исследование 89 пациентов с синдромом диабетической стопы в возрасте от 25 до 74 лет на базе Научно-Клинического центра «Диабетическая стопа», г. Алматы. Контрольную группу составили 25 больных в возрасте от 26 до 74 лет. Причины, степень тяжести и фаза раневого процесса синдрома диабетической стопы в контрольной группе были идентичны этим параметрам в исследуемой группе. Все пациенты основной и контрольной групп получали общепринятое лечение синдрома диабетической стопы. В результате изучения местного применения гибридной биodeградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa*, в сочетании с комплексным лечением синдрома диабетической стопы были доказаны ее безопасность и эффективность, что также подтверждается исследованиями зарубежных авторов.

Ключевые слова: гибридная биodeградируемая биоинженерная конструкция, сахарный диабет, диабетическая стопа, карбоксиметилцеллюлоза со сфероидами, бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*

Работа выполнена при поддержке программы научных исследований НКЦ «Диабетическая стопа».

APPLICATION OF BACTERIOCINS OF MICROORGANISMS BROTH CULTURES FOR TOPICAL TREATMENT OF DIABETIC FOOT SYNDROME

¹Nuralin R.Sh., ¹Srailova K.B., ¹Ekibaev T.R., ²Raimkulov B.N., ³Danyarova L.B.

¹Scientific Clinical Center «Diabetic Foot», Almaty, e-mail: nuralin.rustem@mail.ru;

²KazNMU named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, e-mail: raibek777@mail.ru;

³Research Institute of Cardiology and Internal Medicine, Almaty, e-mail: lbdanyarova@mail.ru

This article presents modern ideas about the study of the efficacy and safety of topical application of a hybrid biodegradable bioengineered construct based on carboxymethylcellulose with spheroids containing bacteriocins from broth cultures of *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa* in the complex treatment of diabetic foot syndrome. A prospective study of 89 patients with diabetic foot syndrome aged 25 to 74 years was carried out on the basis of the NCC «Diabetic Foot», Almaty. The control group consisted of 25 patients aged 26 to 74 years. The causes, severity and phases of the wound process of the diabetic foot syndrome were similar to those in the study group. All patients of the main and control groups received conventional treatment for diabetic foot syndrome. Thus, as a result of studying the local application of a hybrid biodegradable bioengineered construct based on carboxymethylcellulose with spheroids containing bacteriocins from broth cultures of *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa* in combination with complex treatment of diabetic foot syndrome, its safety and efficacy were shown, which is also confirmed by the studies of foreign authors.

Keywords: hybrid biodegradable bioengineered construct, diabetes mellitus, diabetic foot, carboxymethylcellulose with spheroids, bacteriocins from broth cultures of *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*

The work was supported by the research program of the NCC «Diabetic foot».

В настоящее время сахарный диабет (СД) и его осложнения остаются одной из самых актуальных проблем теоретической и практической медицины. Во всем мире синдромом диабетической стопы (СДС) страдают более 20 млн человек. В диагностике и лечении СДС достигнуты определенные успехи, но все же данное осложнение занимает лидирующее положение

среди причин ампутаций конечности, инвалидизации и смертности [1]. Нерациональное применение противомикробных препаратов начало приводить к появлению бактерий, устойчивых к наиболее популярным антибиотикам. В последнее время во всемирном сообществе ученые стали уделять повышенное внимание данной проблеме [2]. Исследователи всего мира прово-

дят прогрессивные разработки в сфере получения новых антибиотиков для лечения инфекционных болезней. Однако из всего количества синтезируемых молекул лишь очень небольшая часть обладают противомикробной активностью. И часто эти новые соединения имеют высокую стоимость или оказывают высокотоксичное воздействие на организм человека [3].

Создание биоинженерных конструкций (БИК), предназначенных для восстановления целостности тканей или доставки лекарственных веществ, является чрезвычайно востребованным и активно развивающимся направлением в биологии и медицине. Важнейшими задачами современной хирургии при различных поражениях кожи являются борьба с инфекцией и разработка методов адекватного закрытия раны. В настоящий момент в лечении инфекционных процессов перспективным направлением является применение гибридных биоинженерных конструкций на основе полимеров и биотехнологических материалов.

Современное развитие фармацевтики позволяет активно применять различные полимеры в составе лекарственных препаратов, которые удлиняют время высвобождения лекарственных веществ, повышают биодоступность, увеличивают сроки годности лекарственных препаратов [4]. Среди данных полимеров особый интерес представляет кроскармелоза (международное непатентованное наименование), или натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).

Бактериоцины – это комплекс пептидов (молекулярная масса 2–35 кДа), секретируемых бактериями, оказывающих противомикробное действие на родственные виды или прочие видовые штаммы [5]. По литературным источникам, до 99% бактерий имеют свойство к биосинтезу одного или нескольких бактериоцинов (Klaenhammer, 1993). Изначально считалось, что эти пептиды обладают активностью только в отношении микроорганизмов, связанных с продуцентом данного вещества. Но последующие исследования показали, что они влияют на прочие штаммы микроорганизмов, отличные от продуцента. В связи с этим бактериоцины часто рассматриваются в качестве «собственного оружия» некоторых бактерий, помогающего конкурировать за пищу и защищать себя в природе.

В последнее время бактериоцины стали представлять интерес в качестве антимикробных соединений для применения в медицине, сельском хозяйстве и биохимической промышленности [6], а также при лечении инфекций, вызываемых антибиотикоустойчивыми возбудителями [7].

Таким образом, потенциал бактериоцинов способствует появлению новых перспектив для их применения в качестве противомикробных препаратов при лечении инфицированных и гнойных ран. Поэтому поиск новых биотехнологических антибиотиков с улучшенными физико-химическими свойствами и расширенным спектром представляет большой интерес и является одной из актуальных проблем в области биотехнологии и медицины [8].

Цель: изучение эффективности и безопасности местного применения гибридной биодеградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa*, в комплексном лечении синдрома диабетической стопы.

Материалы и методы исследования

Проведено проспективное исследование 89 пациентов с СДС в возрасте от 25 до 74 лет на базе НКЦ «Диабетическая стопа», г. Алматы. Срок заболевания диабетом колебался от 2,5 до 20 лет. Пять пациентов имели сахарный диабет 1-го типа. В анамнезе стаж СДС от 1 недели до 22 месяцев. Распространенность и глубина СДС оценивались по классификации Вагнера–Армстронга [9, 10]. В исследование включались те пациенты, тяжесть заболевания которых оценивалась по этой классификации как 2–3-я стадия, а раневой процесс находился в 1–2-й фазе (альтерация, экссудация, пролиферация). Контрольная группа – 25 больных в возрасте от 26 до 74 лет. Причины, степень тяжести и фаза раневого процесса синдрома диабетической стопы в контрольной группе были идентичны тем же параметрам в основной группе. Все пациенты основной и контрольной групп получали общепринятое лечение при СДС. В группе контроля, как и в основной, местное лечение проводилось согласно международным рекомендациям и состояло из санации раны (удаления некротических тканей), наложения влажной раневой повязки, разгрузки конечности [11]; по показаниям под местной или спинномозговой анестезией проводились оперативные вмешательства на пораженной нижней конечности.

Для клинического изучения применялась биодеградируемая гелеобразная биоинженерная конструкция (БИК) на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур (ББК) *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus*

faecalis, Escherichia coli atque etiam Pseudomonas aeruginosa (РК-ЛС-5№024560). Лекарственная форма приготовлена в экспериментальной лаборатории НКЦ «Диабетическая стопа» и представляет собой бесцветную гелевую массу со сфероидами включениями белого цвета, без запаха. Применение препарата проводилось следующим образом: поверхность раны обрабатывали и промывали раствором хлоргексидина биглюконат 0,05%, затем на марлевые салфетки наносили гель слоем 0,3–0,4 см, накладывали на поверхность раны, область раны забинтовали. Смену гелевой повязки БИК на основе КМЦ со сферами ББК, а также наблюдение за течением раневого процесса осуществляли ежедневно один раз в день. В контрольной группе использовали мазевые повязки с антибиотиками (Левомеколь, Метрогил гель и пр.), которые применяли по аналогичной схеме.

Для изучения эффективности лечения проводили наблюдения за динамикой изменений в зоне поражения. При этом учитывали площадь раны, присутствие в ране гноя и некроза, характер и запах отделяемого из раны, наличие грануляционной ткани, состояние кожных покровов вокруг раны (истончение, пигментация, дерматиты и т.д.), наличие перифокального воспаления. Проводилось микробиологическое изучение отделяемого с раны: 1) до начала исследования; на 10–11-е сутки; на 20–21-е сутки лечения с применением автоматического анализатора Wolk Away (Simens). С этой целью с поверхности ран осуществлялся забор биоматериала по стандартной методике. Для проведения данного исследования применялся культуральный метод изучения – посев на специальные среды культуры клеток, выделение, определение степени роста, идентификации возбудителя, определение его чувствительности к антибиотикам и химиопрепаратам с расчетом минимальной ингибирующей концентрации антибиотика (МИК), блокирующей рост патогенных микроорганизмов. Выявленные микроорганизмы наиболее чувствительны к тем антибиотикам, которые имеют наименьшее значение МИК [12, 13].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ «Microsoft Excel 2017».

В вариационных рядах с распределением для выявления достоверности полученных различий между двумя группами вычислялись средняя арифметическая (M), ошибка средней арифметической (m), t-критерий Стьюдента. При всех методах расчета различия считались достоверными при $p < 0,05$. Графические данные представ-

лены с использованием компьютерной программы Microsoft Power Point.

Клинические исследования проводились в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации, правилами GCP и действующими нормативными требованиями в РК. Испытуемые включались в исследование только на основании добровольного информированного согласия. Протокол исследования был одобрен Независимым этическим комитетом НКЦ «Диабетическая стопа».

Результаты исследования и их обсуждение

Основная группа – 64 пациента, имеющих СДС, в возрасте от 25 до 74 лет. Клиническая картина гнойно-некротических поражений, развившихся на фоне СД, до начала местного лечения БИК на основе КМЦ со сферами ББК в виде геля была следующей: обильное отделяемое из раны носило гнойно-серозный характер, имелись влажный некроз грязно-серого цвета, налет фибрина на раневой поверхности, грануляционной ткани не было, очаги эпителизации отсутствовали, присутствовали отек и перифокальное воспаление.

Площадь раневой поверхности у исследуемых больных (основной и контрольной групп) составляла от 61,7 мм² до 1231,5 мм². Результаты бактериологического исследования до проводимого лечения характеризовались обильным (IV степень) ростом микрофлоры в основной группе, у 62 пациентов (69,7%) – разнообразием условно-патогенной грамотрицательной микрофлоры в ране. Также отмечалось наличие полибактериальной инфекции в ране (2 и более штаммов микроорганизмов) у 21 больных (23,6%) (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, отделяемое из раны у пациентов с СДС представлено преимущественно стафилококками (38,5%). Отмечался высокий процент – 34,6% (n=36) – культур (R), устойчивых к антибактериальным препаратам и химиотерапевтическим средствам. При определении чувствительности выявлены показатели обсеменения МИК кишечной палочкой (до 17,0 мкг/мл), синегнойной палочкой (до 15,4 мкг/мл), протеей (до 15,3 мкг/мл), палочкой Фридендера (до 12,1 мкг/мл). В основной группе в среднем у пациентов, имеющих СДС, МИК составил $10,35 \pm 0,74$.

Результаты микробиологического исследования в процессе проводимого местного лечения БИК на основе КМЦ со сферами ББК на 10–11-е сутки в сочетании с комплексным лечением СДС представлены в таблице 2.

Таблица 1

Интенсивность колонизации микроорганизмами ран у больных СДС в основной группе до применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК (n=64)

№	Наименование выделенного микроорганизма	Количество штаммов, абс. (%)	МИК, (мкг/мл), (M±m)
1.	<i>Staphylococcus aureus</i>	40 (38,46%)	8,44±0,44
2.	<i>Escherichia coli</i>	15 (23,1%)	14,89±0,84
3.	<i>Proteus mirabilis</i>	10 (15,4%)	13,83±0,65
4.	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	9 (13,8%)	8,72±0,80
5.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9 (13,8%)	13,63±1,0
6.	<i>Klebsiella pneumonia</i>	7 (10,8%)	11,24±0,88
7.	<i>Enterococcus faecium</i>	7 (10,8%)	7,62±0,61
8.	<i>Enterobacter spp.</i>	5 (7,7%)	8,5±1,10
9.	<i>Candida albicans</i>	2 (3,1%)	6,3±0,42

Таблица 2

Интенсивность колонизации микроорганизмами ран у больных СДС в процессе местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК на 10–11-е сутки (мкг/мл) (n=64)

№	Наименование выделенного микроорганизма	Количество штаммов, абс. (%)	МИК на 10–11-е сутки, (M±m)
1.	<i>Staphylococcus aureus</i>	25 (39,1%)	7,1±2,5
2.	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	11 (17,1%)	6,02±2,3
3.	<i>Enterococcus faecium</i>	10 (15,6%)	10,4±3,04
4.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	9 (9,4%)	7,5±2,6
5.	<i>Escherichia coli</i>	5 (7,9%)	6,5±2,4
6.	<i>Proteus mirabilis</i>	5 (7,9%)	5,2±2,2
7.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3 (4,6%)	4,5±2,1
8.	<i>Klebsiella pneumonia</i>	0	0
9.	<i>Enterobacter spp.</i>	0	0
10.	<i>Candida albicans</i>	0	0

*– p<0,05 в сравнении с исходными показателями;

**– p<0,01 в сравнении с исходными показателями.

Отмечается появление новых штаммов микроорганизмов в ране (энтерококков и эпидермальных стафилококков), но в то же время отсутствие других (палочек Фридендера, колоний энтеробактера и дрожжеподобных грибов). Обильный (IV степень) рост микрофлоры присутствует только у 13 пациентов (20,3%), также у всех пациентов (100%) была выявлена монобактериальная инфекция.

По данным микробиологического исследования, результаты которого представлены в таблице 3, можно отметить, что у больных с СДС в основной группе на 20–21-е сутки в процессе проводимого лечения БИК на основе КМЦ со сферами ББК заметно

снизился рост микрофлоры (до II–III степени). Только у 5 пациентов (7,8%) имелся обильный рост *Staphylococcus aureus*, но отмечались низкий показатель среднего МИК (6,2±1,1) и чувствительность практически ко всем антибиотикам. У 7 пациентов (10,9%) на момент исследования в ране отсутствовала микрофлора. Также у всех пациентов (100%) качественно поменялся состав выделенных из ран микроорганизмов, которые имели адекватную резистентность к антибактериальным препаратам и химиотерапевтическим средствам, что достоверно (p<0,05) подтверждается показателями МИК (4,22±1,96).

Таблица 3

Интенсивность колонизации микроорганизмами ран у больных СДС в процессе местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК на 20–21-е сутки (мкг/мл) (n=64)

№	Наименование выделенного микроорганизма	Количество штаммов, абс.(%)	МИК на 20-21 сутки, (M±m)
1.	Staphilococcus aureus	30 (46,9%)	3,9±1,9
2.	Staphilococcus haemolyticus	10 (15,6%)	4,3±2,02
3.	Отсутствие микрофлоры	7 (10,9%)	0
4.	Proteus mirabilis	7 (10,9%)	2,7±1,6
5.	Staphilococcus epidermidis	5 (7,9%)	5,5±2,2
6.	Escherichia coli	5 (6,3%)	4,7±2,1
7.	Pseudomonas aeruginosa	0	0
8.	Enterococcus faecium	0	0
9.	Klebsiella pneumonia	0	0
10.	Enterobacter spp.	0	0
11.	Candida albicans	0	0

*– p<0,05 в сравнении с исходными показателями;
**– p<0,01 в сравнении с исходными показателями.

Результаты микробиологического исследования в контрольной группе несколько отличались от показателей основной группы. Количественный и качественный состав микроорганизмов в ране не имел значительной динамики. В основном он не менялся, сохранялся обильный (IV степень) рост микрофлоры у 48% пациентов с СДС (n=12), отмечалось незначительное снижение средних показателей МИК (8,6±1,8). Полибактериальная инфекция в ране была выявлена у двух пациентов (8,0%) с СДС.

В результате начала местной терапии БИК на основе КМЦ со сферами ББК в сочетании с комплексным лечением СДС у всех пациентов основной группы отмечалось клиническое улучшение общего состояния в течение 36–72 часов. Местно в среднем на 5,9±2,27 сутки значительно уменьшалось гнойное отделяемое из раны, оно носило более серозный характер. Отеки и перифокальное воспаление спадали к 6,5±2,3 суткам. Расплавление и 50%-ное уменьшение площади некротических тканей отмечалось на 8,2±2,29 сутки лечения. На сухую некротическую ткань исследуемый препарат действия не оказывал. Первая грануляционная ткань появлялась на 11,95±2,68 сутки. Первые очаги эпителизации появлялись к 12,9±2,88 суткам. Рост гипертрануляции был зарегистрирован у 7 больных (10,9%) на 15,6±2,63 сутки лечения.

В контрольной группе при местном использовании мазевых повязок с антибиоти-

ками в сочетании с комплексным лечением СДС также у всех пациентов отмечалось клиническое улучшение общего состояния в течение 36–72 часов, что естественно на фоне проводимого комплексного лечения. Местно отмечалось уменьшение гнойного отделяемого из раны в среднем на 11,5±3,24 сутки, сохранялся его серозно-гнойный характер. Отеки и перифокальное воспаление спадали только к 12,7±4,04 суткам. Влажный некроз сохранялся все время наблюдения. Очаги грануляционной ткани были единичными у 60% больных (n=15) и появлялись на 15,9±2,78 сутки. В дальнейшем было отмечено появление процесса хронизации течения раневого процесса.

В результате местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК ни у одного больного не было отмечено наличия каких-либо локальных цитотоксических и аллергических проявлений.

По итогам проведенного исследования можно отметить положительную динамику в местном лечении СДС в основной группе. Конечно, перспективы использования бактериоцинов в медицине довольно-таки широки, но имеются как положительные, так и отрицательные стороны их применения.

Бактериоцины в качестве антимикробных веществ имеют ряд преимуществ. В отличие от антибиотиков, подавляющих процессы метаболизма и синтеза у бактерий, бактериоцины нарушают жизнедеятельность бактериальных клеток путем образо-

вания пор в цитоплазматической мембране клетки-мишени, воздействуют на синтез муреинового слоя клетки или расщепляют его. Также можно отметить их высокую биоактивность (эффективны в наномолярном диапазоне), низкую токсичность. Бактериоцины полностью распадаются в организме, в отличие от антибиотиков, что и определяет их низкую токсичность. Поэтому порой применение данных пептидов более предпочтительно, чем стандартных антибиотиков. К тому же получать бактериоцины возможно с помощью биоинженерии, что обусловлено их белковой природой. А также продукты биоинжиниринга могут обладать повышенной биологической активностью против определенных патогенов, улучшенной растворимостью, стойкостью к протеазе и изменениям pH-среды, что еще более увеличивает их ценность и эффективность в качестве антимикробных препаратов.

Но бактериоцины имеют и ряд недостатков: при пероральном приеме происходит их ферментативное расщепление, может снижаться из-за их нестабильности в условиях колебания нейтральных и щелочных значений pH или развиваться устойчивость у бактерий, им присущ узкий антимикробный спектр действия. Однако эти дефекты можно устранить с помощью биотехнологии инкапсуляции, разработки технологии биоинженерии для получения субстанций с повышенной стабильностью.

Некоторые недостатки мы попытались компенсировать путем применения разработанной нами гибридной биodeградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa*. Используемый полимер, по нашему мнению, позволит улучшить физико-химические свойства данных бактериоцинов: увеличит срок высвобождения лекарственных веществ, улучшит биодоступность, защитит от отрицательных воздействий, увеличит сроки годности препарата. Риск развития резистентности возможно понизить путем включения в состав комбинации бактериоцинов бульонных культур комплекса из пяти микроорганизмов, которые имеют разные механизмы действия на бактериальную клетку.

Таким образом, в результате изучения местного применения гибридной биodeградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоци-

ны бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa*, в сочетании с комплексным лечением СДС были показаны ее безопасность и эффективность, что также подтверждается исследованиями зарубежных авторов.

Выводы

1. По данным микробиологического исследования в результате местного лечения СДС БИК на основе КМЦ со сферами ББК в основной группе было отмечено снижение роста микрофлоры (до II–III степени) в 8,9 раза; снижение резистентности к антибиотикам – уменьшение МИК в 2,5 раза; у 10,9% больных на 21-е сутки полностью отсутствовала микрофлора в ране.

2. В процессе проводимого местного лечения у пациентов, имеющих СДС, с БИК на основе КМЦ и ББК в основной группе были отмечены уменьшение гнойного отделяемого из раны и купирование воспалительного процесса в 2 раза по сравнению с контрольной группой; 50%-ное уменьшение площади некротических тканей отмечалось только в исследуемой группе; очаги грануляции появлялись на 67,7% быстрее, чем в контрольной группе.

3. В результате местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК ни у одного больного не было отмечено наличия каких-либо локальных цитотоксических и аллергических проявлений.

4. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения применения данной гибридной биodeградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa*, в более крупном, рандомизированном и контролируемом испытании.

Список литературы

1. Нуралин Р.Ш. Современное лечение хронических ран при сахарном диабете: учебно-методическое пособие. Алматы, 2014. 55 с.
2. Li K. Multitarget drug discovery for tuberculosis and other infectious diseases // *Journal of medicinal chemistry*. 2014. Vol. 57. № 7. P. 3126-3139.
3. Ojala V., Laitalainen J., Jalasvuori M. Fight evolution with evolution: plasmid-dependent phages with a wide host range prevent the spread of antibiotic resistance // *Evolutionary applications*. 2013. Vol. 6. № 6. P. 925-932.
4. Пьянова Л.Г. Создание и перспективы использования модифицированных сорбентов в ветеринарной медицине //

Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (22). С. 138-146.

5. Khosa S., AlKhatib Z., Smits S.H.J. NSR from *Streptococcus agalactiae* confers resistance against nisin and is encoded by a conserved nsr operon // *Biological chemistry*. 2013. Vol. 394. № 11. P. 1543-1549.

6. Dischinger J., Chipalu S.B., Bierbaum G. Lantibiotics: promising candidates for future applications in health care // *International journal of medical microbiology*. 2014. Vol. 304. № 1. P. 51-62.

7. Suárez J. M., Edwards A. N., McBride S. M. The *Clostridium difficile* cpr locus is regulated by a noncontiguous two-component system in response to type A and B lantibiotics // *Journal of bacteriology*. 2013. Vol. 195. № 11. P. 2621-2631.

8. Zaslavskaya M. I. Prospects for using bacteriocins of normal microbiota in antibacterial therapy // *Современные технологии в медицине*. 2019. Vol. 11. № 3. P. 136-144.

9. Draper L.A. Lantibiotic resistance // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2015. Vol. 79. № 2. P. 171-191.

10. Mathur H. Bacteriocin-antimicrobial synergy: a medical and food perspective // *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. P. 1205.

11. Mathur H. Analysis of anti-*Clostridium difficile* activity of thuricin CD, vancomycin, metronidazole, ramoplanin, and actagardine, both singly and in paired combinations // *Antimicrobial agents and chemotherapy*. 2013. Vol. 57. № 6. P. 2882-2886.

12. Snyder A. B., Worobo R. W. Chemical and genetic characterization of bacteriocins: antimicrobial peptides for food safety // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014. Vol. 94. № 1. P. 28-44.

13. Ming L. Comparison of antibacterial effects between antimicrobial peptide and bacteriocins isolated from *Lactobacillus plantarum* on three common pathogenic bacteria // *International journal of clinical and experimental medicine*. 2015. Vol. 8. № 4. P. 5806.

УДК 616.89-008.441.44

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ЧАСТОТУ СУИЦИДАЛЬНЫХ ПОПЫТОК СРЕДИ ЖИТЕЛЕЙ КЫРГЫЗСТАНА

^{1,2}Сюй М.В., ¹Касымов О.Т.

¹*Национальный институт общественного здоровья Министерства здравоохранения
Кыргызской Республики, Бишкек, e-mail: nport@mail.ru;*

²*Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Бишкек*

В последнее десятилетие суицидальная ситуация в Кыргызской Республике остается напряженной, что указывает на необходимость уделять особое внимание данной медико-социальной проблеме. Цель исследования – оценка некоторых факторов, оказывающих влияние на частоту суицидальных попыток в стране. В связи с этим проанализированы отдельные национальные статистические показатели для сельского и городского населения, проведено анонимное анкетирование 2908 респондентов, способствующее выявлению различий в частоте суицидальных попыток граждан Кыргызстана в зависимости от региона и места проживания. Так, по данным анкетирования, среди городского населения доля лиц, предпринимавших в прошлом попытку суицида, снижается в следующем порядке: г. Бишкек (34,5%), г. Ош (26,7%), а по областям: Нарынская (25%), Ошская (23,3%), Джалал-Абадская (21,1%), Иссык-Кульская (17%), Таласская (12,9%), Баткенская (9,5%), Чуйская (1,1%). Среди сельского населения в разрезе областей: Баткенская (41,9%), Нарынская (28,9%), Таласская (26,2%), Ошская (25,4%), Джалал-Абадская (21,4%), Иссык-Кульская (19,7%), Чуйская (19,1%). Определенно выявляются отдельные факторы, которые могут играть роль протекторов при возможных суицидальных попытках среди респондентов, особенно юношей и девушек. Установлено, что действенными факторами профилактики суицида являются именно понимание со стороны близких и реакция окружающих на призыв о помощи. При невнимании или игнорировании такого рода призывов вероятность суицида значительно возрастает.

Ключевые слова: суицид, самоубийство, суицидальная попытка, факторы, поддержка, профилактика, подростки, парасуицид, причины

SOME FACTORS INFLUENCING THE FREQUENCY OF SUICIDAL ATTEMPTS AMONG RESIDENTS OF KYRGYZSTAN

^{1,2}Syui M.V., ¹Kasymov O.T.

¹*National Institute of Public Health of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek,
e-mail: nport@mail.ru;*

²*B.N. Yeltsin Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek*

In the last decade, the suicidal situation in the Kyrgyz Republic remains tense, which indicates the need to pay special attention to this medical and social problem. The purpose of the study is to evaluate some factors that influence the frequency of suicide attempts in the country. In this regard, separate national statistical indicators for rural and urban populations were analyzed, an anonymous survey of 2,908 respondents was conducted, allowing the identification of differences in the frequency of suicide attempts by Kyrgyz citizens depending on the region and place of residence. Thus, according to the survey, among the urban population, the proportion of people who attempted suicide in the past is decreasing in the following order: Bishkek (34.5%), Osh (26.7%), and by regions: Naryn (25%), Osh (23.3%), Jalal-Abad (21.1%), Issyk-Kul (17%), Talas (12.9%), Batken (9.5%), Chui (1.1%) and among the rural population by regions: Batken (41.9%), Naryn (28.9%), Talas (26.2%), Osh (25.4%), Jalal-Abad (21.4%), Issyk-Kul (19.7%), Chui (19.1%). Certain factors can be definitely seen that can play the role of protectors in possible suicidal attempts among respondents, especially among boys and girls. It is clear that an effective factor in suicide prevention is precisely the understanding on the part of loved ones and the reaction of others to the «call for help». Ignoring of or inattention to (missing) such calls increases the likelihood of suicide considerably.

Keywords: suicide attempt, factors, support, prevention, adolescents, parasuicide, causes

Суицидальное поведение – очень сложное и многоаспектное явление, включающее в себя завершенные самоубийства, покушения на свою жизнь (парасуицид), суицидальные мысли, идеи, намерения [1]. Под термином «суицид» понимается феномен, аккумулирующий, как правило, проблемы философские (утрата смысла жизни), психологические (психологическая дезадаптация, фрустрация), социальные (социальная неустойчивость, неудовлетворенность, утрата статуса, престижа и т.п.), нравственные, правовые, медицинские

(тяжелая, неизлечимая болезнь, психическое расстройство), а под суицидальным поведением – любые внутренние и внешние формы психических актов, направляемых представлениями о лишении себя жизни. Ряд соматических заболеваний выступают как причина, или как следствие, или как провоцирующий фактор психических нарушений [2; 3; 4, с. 243].

По официальным данным, число самоубийств в Кыргызской Республике (КР) на 100 тыс. населения составило случаев: 9,2 (2012 г.), 8,2 (2015 г.), 9,1 (2016 г.),

8,3 (2018 г.), а в Российской Федерации за эти периоды данный показатель составляет: 19,5, 17,9, 26,5, 13,6 соответственно. В то же время Министерство внутренних дел Кыргызстана регистрирует за 2018 г. 88 случаев суицида среди подростков, причем суицидальные попытки, совершенные лицами в возрасте от 18 до 22 лет, составляют 22,63% от общего числа [5].

В целом, проблема подросткового суицида является одной из приоритетных в аспекте социально-психологических решений по охране здоровья населения на всех уровнях организации системы здравоохранения Кыргызской Республики [4, с.14–15, 21–23; 6; 7; 8].

Цель исследования – оценка некоторых факторов, оказывающих влияние на частоту суицидальных попыток в стране.

Материалы и методы исследования

Использованы социально-демографические показатели населения по данным веб-сайта Национального статистического комитета Кыргызской Республики (<http://stat.kg>). Для анализа факторов, способствующих формированию суицидального поведения, проведено анкетирование граждан Кыргызской Республики. В анкетном опросе приняли добровольное участие 2908 человек в возрасте 13–45 лет, родившихся и постоянно проживающих на территории Кыргызстана, с учетом места жительства респондента (город, село и область проживания).

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящем Кыргызская Республика по административно-территориальному устройству имеет 2 города со статусом

«столица» – г. Бишкек и г. Ош, и 7 областей, по которым приводится характеристика опрошенных с учетом региона проживания (табл. 1). Видно, что распределение опрошенных по регионам проживания было неравномерным, что обусловлено, с одной стороны, неравномерностью числа постоянно проживающих в приведенных областях, а с другой – техническими сложностями. Однако в разрезе городов и областей респонденты представлены достаточным количеством, что дает возможность подвергать анализу представленные данные. Отдельные социально-демографические показатели респондентов (средний возраст, количество ближайших родственников и число лиц, проживающих вместе в одной квартире (доме)) представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2, средний возраст опрошенных колеблется в интервале от 17 лет 7 месяцев и до 20 лет 6 месяцев, причем статистически значимых различий по когортам не выявляется как среди городских, так и среди сельских жителей. На этом фоне также значительно не отличается и среднее количество ближайших родственников, однако респонденты, в большинстве случаев проживающие в селе, отмечали большее число родных. Так, совместно в одной квартире или доме во всех регионах проживают 3–4 человека, каких-либо значимых различий в разрезе регионов не выявлено.

В рамках интервьюирования по авторской анкете задавался основной вопрос: «Была ли у Вас когда-либо раньше попытка совершить самоубийство?» Ответы распределились следующим образом (рис. 1) в процентных соотношениях, где видны также выделенные когорты респондентов, не предпринимавших таких действий.

Таблица 1

Характеристика респондентов с учетом региона проживания, %

Административные территории	Всего	Город			Село		
		Всего	Муж.	Жен.	Всего	Муж.	Жен.
Город Бишкек	47,4	66,6	61,6	68,9			
Чуйская область	20,6	8,7	9,6	8,3	49,9	48,8	50,5
Иссык-Кульская область	12,2	11,4	12,2	11,0	14,3	12,4	15,3
Нарынская область	3,9	1,7	2,4	1,4	9,1	8,1	9,5
Таласская область	2,5	1,5	2,1	1,2	5,0	5,3	4,9
Город Ош	2,6	3,6	3,5	3,7			
Ошская область	3,1	1,1	1,7	0,9	8,0	11,7	6,1
Джалал-Абадская область	6,0	4,3	5,1	4,0	10,0	9,2	10,4
Баткенская область	1,8	1,0	1,8	0,6	3,7	4,6	3,2
Всего	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 2

Некоторые социально-демографические показатели опрошенных респондентов

Административные территории (города и области)	Средний возраст (лет)		Количество близких родственников		Совместно проживает в одном доме или квартире	
	Город	Село	Город	Село	Город	Село
Город Бишкек	19,9 ± 4,1		8,99±4,99		4,35±1,40	
Чуйская	19,8 ± 2,7	20,7 ± 3,2	11,29±7,48	10,03±6,62	4,52±1,83	4,88±1,71
Иссык-Кульская	17,8 ± 2,8	20,0 ± 2,3	8,93±5,03	8,74±5,48	4,69±1,41	5,22±1,44
Нарынская	19,2 ± 2,8	20,5 ± 2,7	12,66±12,1	14,25±13,7	4,73±1,57	4,41±1,66
Таласская	20,0 ± 3,0	20,0 ± 3,3	11,06±7,85	12,83±7,24	4,58±1,81	4,39±1,75
Город Ош	19,3 ± 3,2		10,74±7,11		4,57±1,67	
Ошская	20,6 ± 3,4	19,8 ± 3,1	6,65±2,71	13,38±11,2	4,61±1,79	4,92±1,7
Джалал-Абадская	19,9 ± 2,7	19,6 ± 2,7	11,05±8,17	10,05±8,51	4,26±1,51	5,05±1,48
Баткенская	19,7 ± 2,2	20,5 ± 2,0	7,41±4,39	11,45±7,06	3,85±1,61	5,67±2,13

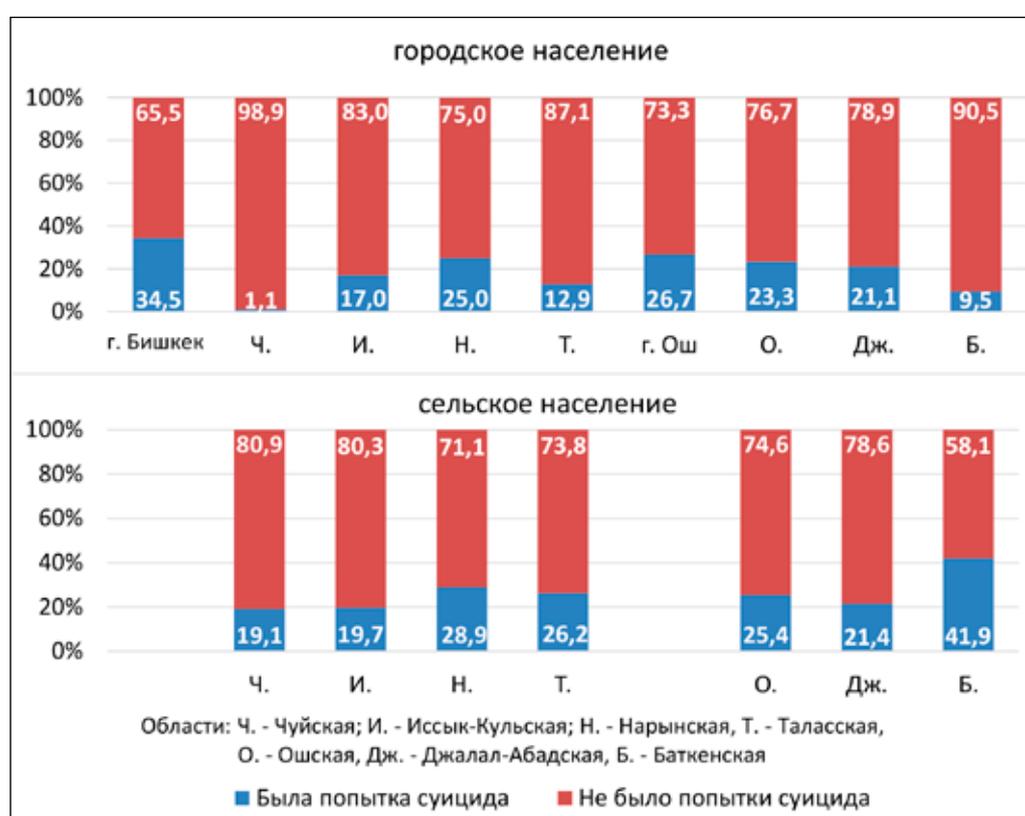


Рис. 1. Доля респондентов, предпринимавших попытку самоубийства, %

Следует отметить, что среди городского населения страны, согласно анонимному анкетированию, доли лиц, предпринимавших в прошлом попытку суицида, распределяются в следующем порядке: г. Бишкек – 34,5%, г. Ош – 26,7%, по областям: Нарынская – 25%, Ошская – 23,3%, Джалал-Абадская – 21,1%, Иссык-Кульская – 17%, Таласская – 12,9%, Баткенская – 9,5%,

Чуйская – 1,1%. В то же время среди сельского населения Республики картина выглядит следующим образом в разрезе областей: Баткенская – 41,9%, Нарынская – 28,9%, Таласская – 26,2%, Ошская – 25,4%, Джалал-Абадская – 21,4%, Иссык-Кульская – 19,7%, Чуйская – 19,1%, с наиболее значимыми величинами более 41% по Баткенскому региону.

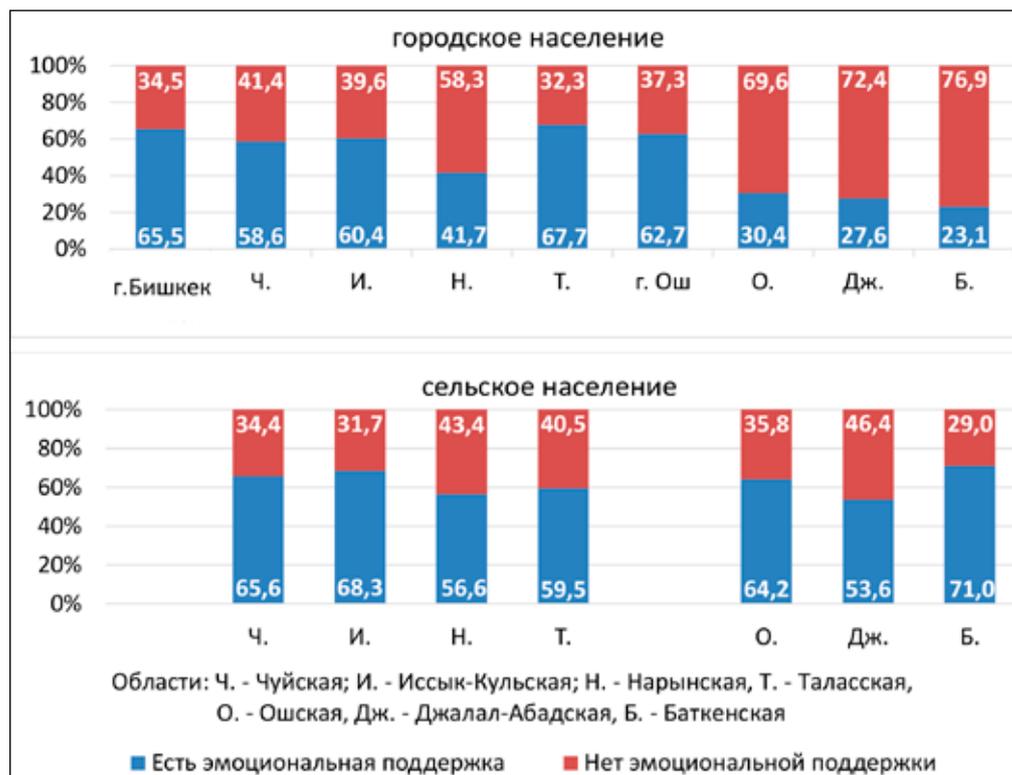


Рис. 2. Доля респондентов, имеющих эмоциональную поддержку, %

Определенный интерес представляют вопросы в анкете, касающиеся наличия близких людей, которые могут эмоционально поддержать в трудную минуту. Ответы респондентов распределились следующим образом (рис. 2). Так, данные по частоте попыток самоубийства и возможности получения эмоциональной поддержки среди городского населения показывают, что связи между рассматриваемыми явлениями не просматривается. Возможность «выплакаться» в любую минуту и получить поддержку близкого человека не может действенно удержать от суицидальной попытки, по мнению респондентов данной популяции (рис. 2). В свою очередь, среди населения, проживающего в сельской местности, особенно в Баткенской области, частота суицидальных попыток достигает максимальных значений (41,9%). Интересно, что в данной когорте регистрируется максимальное число респондентов (71%), утверждающих, что у них есть возможность поделиться своими переживаниями с близким человеком в любой момент. Напротив, в когорте городских жителей Чуйской области зарегистрировано минимальное число (1,1%) суицидальных попыток, и 58,6% опрошенных отметили, что у них есть человек, к которому можно обратиться за эмоциональной поддержкой.

В свою очередь, после анализа ответов на вопрос: «Понимают ли Вас близкие Вам люди?» можно отметить, что этот фактор, судя по всему, является значимым в плане профилактики суицида для респондентов, проживающих в городе, но особенно – проживающих в сельской местности (рис. 3). Можно отметить максимальные показатели при ответе на этот вопрос у городских лиц, проживающих в областях Чуйской (92,7%) и Таласской (80,6%), на фоне низких значений попыток самоубийства (1,1% и 12,9% соответственно). В то же время, исключая г. Бишкек и г. Ош, среди городских жителей Нарынской области попытки самоубийства достигали 25%, причем они отмечают, что близкие люди их понимают редко (50%). Для сельских жителей Иссык-Куля, Чуй и Джалал-Абада показатели понимания со стороны близких составляли 75,8%, 72,1% и 73,8% соответственно, хотя в прошлом они совершили минимальное число попыток самоубийства (19,7%, 19,1% и 21,4% соответственно). В то же время у сельчан Баткенской области показатели значительно отличаются в сравнительном аспекте: попытки суицида в прошлом имели место (42%), а доля лиц, отметивших, что близкие люди их понимают, была минимальной (6,5%) по сравнению с другими регионами.

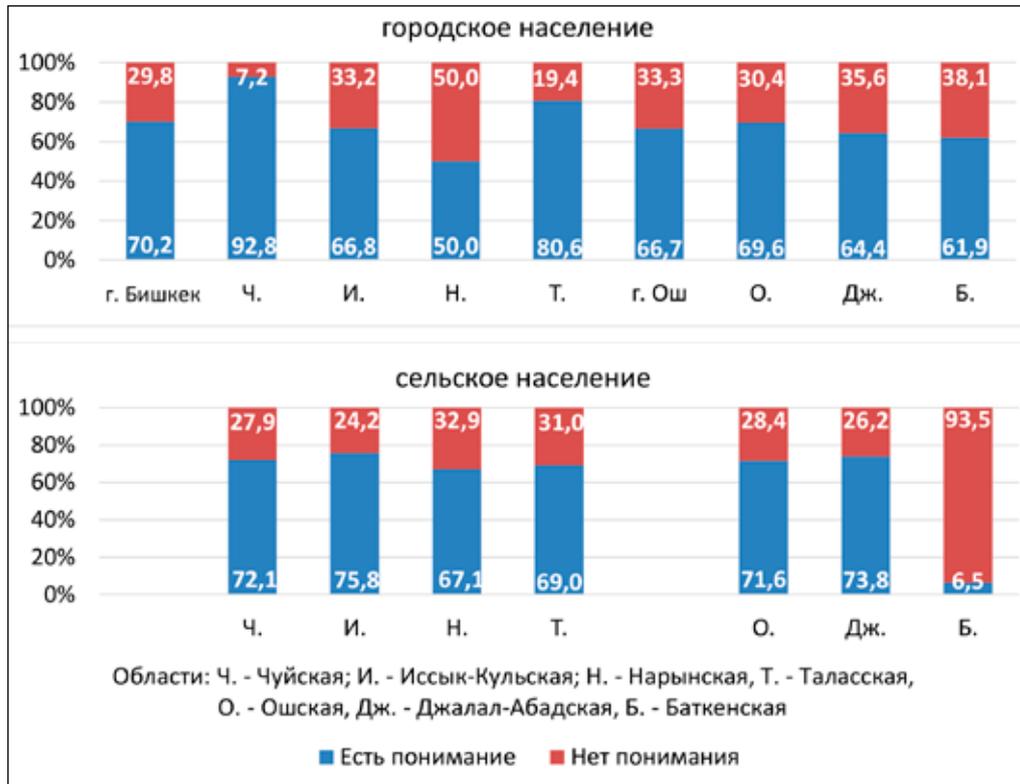


Рис. 3. Понимание со стороны ближайших родственников, %

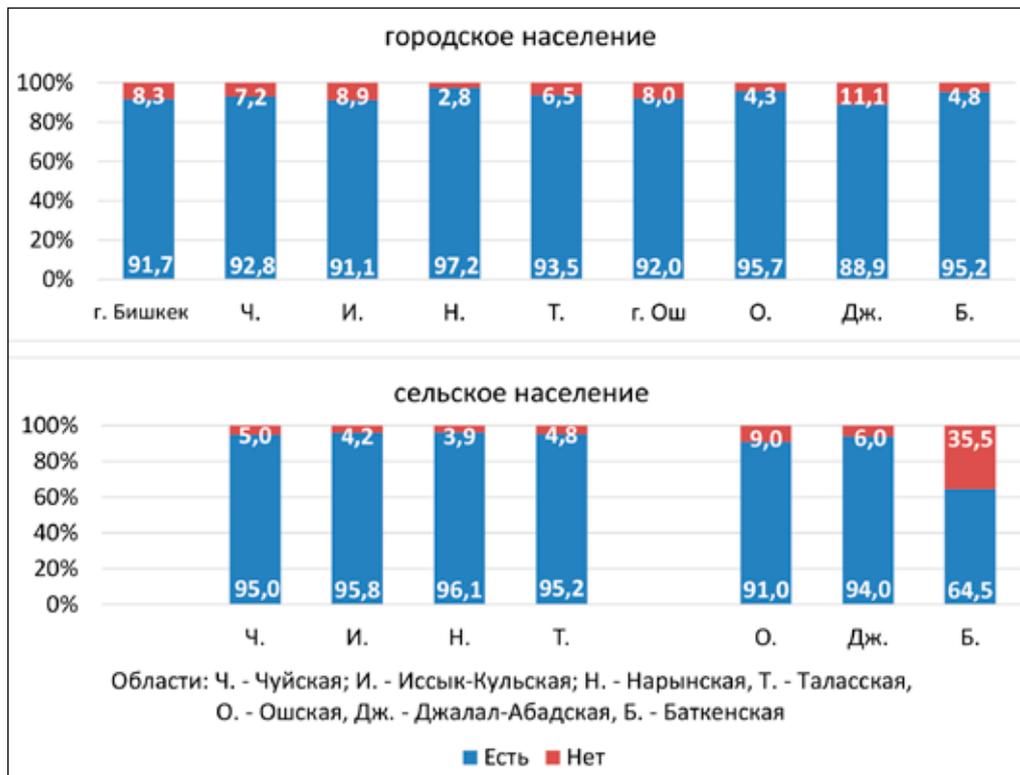


Рис. 4. Распределение ответов на вопрос: «Верите ли Вы, что из любой ситуации есть выход?», %

Таким образом, понимание со стороны близких людей является действенным фактором профилактики суицидальных попыток. Наряду с этим ответ на вопрос: «Верите ли Вы, что из любой ситуации можно найти выход?» – выявил значительные различия в оценке вероятной ситуации в сравнительном аспекте у жителей городских и сельских местностей. Так, в разрезе областей у горожан «доля оптимизма» варьировалась от максимального показателя 97% (Нарынская область) до минимума 89% (Джалал-Абадская область). Аналогичные интервальные колебания в разрезе административных территорий отмечались в показателях сельчан. Исключение составляли жители сел Баткенской области, где 65% опрошенных считают возможным благоприятный выход из любой ситуации (рис. 4).

Заключение

Проведенное интервьюирование позволило выявить различия в частоте суицидальных попыток у граждан Кыргызской Республики с учетом региона и места проживания (город, село) и определенно обозначить отдельные факторы, которые играют роль протекторов при возможных суицидальных попытках среди опрошенных респондентов. Полученные результаты в разрезе административных территорий страны с учетом выборки, сформированной случайным образом, отличаются незначительно, отражая в достаточной степени ситуацию, складывающуюся по регионам. В то же время выделяются протекторные факторы, которые могут снизить риск возникновения суицидальной попытки, а именно понимание со стороны близких людей, помноженное на внутреннее ощущение человека, что его понимают, и вера в возможность выхода из неблагоприятной ситуации. На этом фоне, казалось бы, такой очевидный фактор, как наличие рядом близких людей, к которым можно обратиться за эмоциональной поддержкой,

не оказывает существенного влияния на частоту попыток самоубийства. На сегодняшний день важным фактором профилактики суицида является, прежде всего, реакция окружающих на призыв о помощи и сообщение об эмоциональной боли. Признано, что если такой призыв в обществе игнорируется или пропускается, то вероятность суицида значительно возрастает.

Список литературы

1. Сюй М.В., Касымов О.Т. Самоубийство как глобальная проблема современности // *Здравоохранение Кыргызстана*. 2020. № 2. С. 54-62.
2. Мансуркулова Н., Орозбекова Б.Т., Муйдинов Ф.Ф., Байызбекова Д.А., Ажикулова В.С. Факторы риска и здоровье подростков (на материалах Кыргызской Республики) // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 5-4. С. 568-574.
3. Покровская Т.И., Толстых Н.П. Особенности психологической структуры личности здоровых детей и подростков // *Здравоохранение Киргизии*. 1985. № 6. С. 27-31.
4. Касымов О. Т. Руководство по общественному здравоохранению / Под общей редакцией д.м.н., проф. О. Т. Касымова и к.м.н. С. Т. Абдикаримова. Бишкек, 2012. 272 с.
5. Распоряжение Правительства КР от 22 марта 2016 года № 120-р «Об утверждении Межведомственного плана мероприятий по профилактике суицидов, правонарушений и преступлений среди детей и молодежи в Кыргызской Республике на 2016-2018 годы». [Электронный ресурс]. URL: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/215103?cl=ru-ru> (дата обращения: 03.04.23).
6. Бадмаева В.Д., Шкитыр Е.Ю. Факторы риска суицидального поведения несовершеннолетних (по материалам посмертных комплексных судебных психолого-психиатрических экспертиз) // *Научные результаты биомедицинских исследований*. 2019. Т. 5, № 4. С. 117-128.
7. Галако Т.И. Суицидологическая ситуация в Кыргызской Республике: анализ динамики и разработка мер профилактики // Школа В.М. Бехтерева: от истоков до современности: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 18-19 мая 2017 г.). Санкт-Петербург: Альфа Астра, 2017. С. 54-56.
8. Темирбек У.Б. Роль реформирования психиатрических служб как важного элемента улучшения уровня социального функционирования и качества жизни населения Кыргызстана // *Здравоохранение Кыргызстана*. 2006. № 2. С. 150-152.
9. Yuodelis-Flores C, Ries RK. Addiction and suicide: A review // *Am. J. Addict.* 2015. Vol. 24, № 2. P. 98-104. DOI: 10.1111/ajad.12185.

УДК 617.3:616-053

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АЦЕТАБУЛЯРНОЙ ДИСПЛАЗИИ У ПОДРОСТКОВ И ВЗРОСЛЫХ

Тепленький М.П., Фозилов Д.Т.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Курган, e-mail: teplenkiymp@mail.ru, turdievich25081995@gmail.com

Дисплазия вертлужной впадины признается одной из частых причин развития вторичного коксартроза. При выборе варианта хирургического вмешательства необходимо учитывать морфологию вертлужной впадины, проксимального отдела бедра, характер нарушения суставных соотношений. Известные классификации ацетабулярной дисплазии определяют степень выраженности и преимущественную локализацию патологического процесса, уточняют возможность применения суставсберегающего лечения или артропластики. Цель работы. Усовершенствовать рентгенологическую классификацию ацетабулярной дисплазии применительно к дифференцированному использованию суставсберегающих вмешательств. Проанализированы результаты рентгенологического обследования тазобедренных суставов у 62 пациентов в возрасте от 16 до 32 лет с дисплазией вертлужной впадины. В 43 наблюдениях патологический процесс был следствием врожденной дисплазии тазобедренного сустава, в 17 случаях – исходом болезни Пертеса, в 2 наблюдениях – следствием эпифизарного остеомиелита. Во всех наблюдениях имели место рентгенологические признаки артроза I–II степени. Выделены пять вариантов патологических отклонений тазового компонента сочленения. Для I типа основным элементом патологии было нарушение пространственной ориентации вертлужной впадины. II тип впадины характеризовался увеличением вертикального размера и выраженным уплощением впадины. При III типе впадины ведущими элементами патологии были уплощение свода, утолщение дна, Г-образная форма впадины. Для IV типа было характерно утолщение нижнемедиального отдела впадины, что приводило к ее латеритизации. V тип наблюдался у пациентов с длительно существующим маргинальным или наацетабулярным вывихом и характеризовался наличием фиброзно-хрящевой ложной впадины. Определены рентгенометрические параметры каждого типа дисплазии вертлужной впадины. Усовершенствована рентгенологическая классификация ацетабулярной дисплазии. Использование классификации позволяет осуществлять дифференцированный подход к выбору оптимальных суставсберегающих вмешательств у подростков и молодых взрослых с различной степенью поражения вертлужной впадины.

Ключевые слова: ацетабулярная дисплазия, классификация

RADIOLOGICAL CLASSIFICATION OF ACETABULAR DYSPLASIA IN ADOLESCENTS AND ADULTS

Teplenkiy M.P., Fozilov D.T.

National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics Ministry Healthcare Russian Federation

Acetabulum dysplasia is recognized as one of the frequent causes of secondary coxarthrosis. When choosing a surgical intervention option, it is necessary to take into account the morphology of the acetabulum, the proximal femur, the nature of the violation of articular ratios. The well-known classifications of acetabular dysplasia determine the severity and predominant localization of the pathological process, clarify the possibility of using joint-preserving treatment or arthroplasty. Purpose. To improve the radiological classification of acetabular dysplasia in relation to the differentiated use of joint-preserving surgery. The results of X-ray examination of hip joints in 62 patients aged 16 to 43 years with acetabulum dysplasia were analyzed. In 43 cases, the pathological process was a consequence of congenital hip dysplasia, in 17 cases – the outcome of Perthes' disease, in two cases – the consequence of epiphyseal osteomyelitis. In all observations, there were radiological signs of arthrosis of I–II degree. Five variants of pathological deviations of the pelvic component of the articulation are identified. For type I, the main element of pathology was a violation of the spatial orientation of the acetabulum. Type II of dysplasia was characterized by an increase in vertical size and pronounced flattening of the acetabulum. In type III depression, the leading elements of pathology were flattening of the arch, thickening of the bottom, and the L-shaped shape of the acetabulum. Type IV was characterized by thickening of the lower medial part of the acetabulum, which led to its lateritization. Type V was observed in patients with long-existing marginal or supra-acetabular dislocation and was characterized by the presence of a fibrous-cartilaginous false depression. The radiometric parameters of each type of acetabulum dysplasia were determined. The X-ray classification of acetabular dysplasia has been improved. The use of classification allows for a differentiated approach to the selection of optimal joint-saving interventions in adolescents and young adults with varying degrees of acetabulum lesion.

Keywords: acetabular dysplasia, classification

Согласно данным литературы, более 70% случаев коксартроза имеют диспластическую природу, причем более половины из них обусловлены недоразвитием вертлужной впадины [1, 2].

Выделяют первичную и вторичную ацетабулярную дисплазию. Первичная дисплазия является ведущим признаком врожденной дисплазии тазобедренного сустава. Термин «первичная дисплазия» использу-

ется для пациентов, которые не получали лечения. В случаях когда полное или частичное восстановление суставных соотношений не привело к доразвитию суставных компонентов, применяется термин «остаточная дисплазия». Вторичная дисплазия развивается вследствие деформации или дислокации головки у пациентов с неврологическими или дистрофическими заболеваниями [3].

Нарушение формы, пространственной ориентации, деформация вертлужной впадины уменьшают площадь контакта сочленяющихся поверхностей и способствуют повышению внутрисуставного давления, что создает условия для развития дистрофических нарушений в суставном хряще. Существует мнение, что коррекция или максимально возможная компенсация перечисленных механических факторов могут способствовать замедлению прогрессирования артроза [4]. На этой гипотезе базируется целесообразность применения суставсберегающих операций, интерес к которым в последнее время возрос.

Для коррекции ацетабулярной дисплазии у подростков и взрослых применяют реконструктивные и корригирующие операции. Реконструктивные вмешательства обеспечивают покрытие головки бедра суставным гиалиновым хрящом. Выделяют два вида реконструктивных операций: реориентирующие и изменяющие форму. К реориентирующим вмешательствам относятся остеотомии таза и полные периацетабулярные остеотомии [5, 6].

Одним из важных факторов, обеспечивающих эффективность указанных операций, является подвижность ацетабулярного фрагмента. Она зависит от уровня пересечения тазовых костей. Удаление места сечения от впадины ограничивает мобильность вертлужной впадины. При этом снижается агрессивность вмешательства. В настоящее время большинство авторов отдают предпочтение операции Ganz [7]. В сравнении с остеотомиями таза она обеспечивает большую мобильность ацетабулярного фрагмента, не вызывает деформации тазового кольца, не требует дополнительной иммобилизации. В отличие от других периацетабулярных остеотомий (Wagner, Eppright, Nipomiya), операция Ganz дает возможность осуществлять медиализацию вертлужной впадины [8]. Однако данные вмешательства оказывают воздействие только на один из элементов дисплазии вертлужной впадины – пространственное положение. Независимо от характера и уровня сечения тазовой кости при уплощении и деформации вертлужной впадины эффективность всех реориентирующих вмешательств снижа-

ется. Изменение формы и размера впадины обеспечивается применением неполных периацетабулярных остеотомий (Westin, Lance, Dega, Pemberton и т.д.) [5, 6]. Эффективность указанных вмешательств определяется состоянием U-образного хряща, что существенно ограничивает их возможности у подростков и взрослых. Опасность формирования углообразной деформации, внутрисуставного перелома свода существенно сужает показания для изолированного применения неполных периацетабулярных остеотомий в данной возрастной группе. Более целесообразным представляется их сочетание с реориентирующим вмешательством [9].

В случаях невозможности достижения центрации головки бедра во впадине, значительной дисконгруэнтности суставных поверхностей показаны корригирующие операции. К ним относятся надвертлужная медиализирующая остеотомия Chiari, а также различные варианты shelf-операций. В отличие от реконструктивных вмешательств, корригирующие операции обеспечивают покрытие головки бедра метаплазированной суставной капсулой. Образованная фиброзно-хрящевая ткань существенно отличается от суставного хряща, что неблагоприятно сказывается на продолжительности функционирования сустава. Однако возможность изменения объема впадины позволяет улучшить конгруэнтность суставных поверхностей, что является одним из факторов, способствующих замедлению прогрессирования патологического процесса в суставе [5, 6].

При выборе оптимального варианта хирургического вмешательства должны учитываться степень артроза, нарушения суставных соотношений, морфология вертлужной впадины, проксимального отдела бедра.

Известные классификации ацетабулярной дисплазии ориентированы преимущественно на определение показаний к суставсберегающему лечению [3], уточнение преимущественной локализации дефекта [10], выбор суставного компонента для вмешательства [11].

Цель работы. Усовершенствовать рентгенологическую классификацию ацетабулярной дисплазии применительно к дифференцированному использованию суставсберегающих вмешательств.

Материалы и методы исследования

Проанализированы результаты обследования 62 пациентов с диспластическим и вторичным коксартрозом, которым было проведено хирургическое лечение в ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» с 2010 по 2022 год. Средний возраст паци-

ентов на период выполнения вмешательства составил $18,7 \pm 0,8$ года (16–32 года). В 43 наблюдениях патологический процесс был следствием врожденной дисплазии тазобедренного сустава, в 17 случаях – исходом болезни Пертеса, в 2 наблюдениях – следствием эпифизарного остеомиелита. Среди пациентов с врожденной дисплазией в 20 наблюдениях имели место первичная дисплазия и остаточная дисплазия после консервативного лечения, в 23 случаях была остаточная дисплазия после хирургического лечения. Во всех наблюдениях рентгенологически отмечались признаки артроза I–II степени.

По рентгенограммам тазобедренного сустава, выполненным в переднезадней проекции, определяли следующие рентгенографические показатели: угол вертикальной инклинации впадины (угол между вертикальной линией и касательной из фигуры «слезы» к верхнему краю впадины, N $40\text{--}45^\circ$), угол наклона опорной поверхности впадины (WBS, угол между горизонтальной линией, проведенной через медиальные края опорных поверхностей, и касательной к наружному краю впадины, N $0\text{--}10^\circ$), ацетабулярный коэффициент (АС, отношение длины перпендикуляра, проведенного из центра впадины к линии, касательной ко входу во впадину, к длине отрезка, соединяющего фигуру «слезы» с верхненаружным краем впадины (D/W x 1000); N $220\text{--}250$), угол антеверсии впадины (угол между линией, соединяющей фигуру «слезы» и верхненаружный край впадины, и линией, соединяющей наружный край зоны субхондрального склероза и нижненаружный край acetabulum; $15\text{--}20^\circ$), индекс сферичности впадины (ISA, отношение диаметра окружности, соответствующей форме впадины, к половине расстояния между фигурами слезы, N $0,8\text{--}1,2$), индекс сферичности головки (ISH, отношение диаметра окружности, соответствующей форме головки, к половине расстояния между фигурами слезы, N $0,6\text{--}1,0$), индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS, отношение ISA к ISH, N $1,1\text{--}1,4$) [12].

С учетом характера изменений вертлужной впадины в соответствии с критериями J. Brockwell (2017), S. Doyle, J. Brown (1999) выделено 5 типов дисплазии вертлужной впадины [11]. I тип – нарушение пространственной ориентации, вертикализация впадины. II тип – уплощение, увеличение вертикального размера впадины. III тип – углообразная (Г-образная) форма вертлужной впадины. IV тип – латерализация вертлужной впадины. V тип – наличие ложной впадины.

Результаты исследования и их обсуждение

Дисплазия вертлужной впадины I типа была отмечена у 18 пациентов. Средний их возраст составил 18 лет. В 12 случаях отмечена первичная врожденная дисплазия, в 4 – остаточная дисплазия после оперативного лечения, в 4 – вторичная дисплазия. Рентгенологические признаки артроза II степени выявлены в 3 наблюдениях

У 16 больных выявлен II тип дисплазии. Средний их возраст был 18,6 года. В 4 случаях отмечена первичная врожденная дисплазия, в 10 – остаточная дисплазия после оперативного лечения, в 4 – вторичная дисплазия. Рентгенологические признаки артроза II степени выявлены в 4 наблюдениях.

К III типу отнесены 13 пациентов. Средний их возраст составил 18,2 года. В 3 случаях отмечена остаточная дисплазия после оперативного лечения, в 11 – вторичная дисплазия. Рентгенологические признаки артроза II степени выявлены в 2 наблюдениях.

В 10 наблюдениях диагностирован IV тип впадины. Средний возраст больных был 17,4 года. Во всех случаях отмечена остаточная дисплазия после оперативного лечения. Рентгенологические признаки артроза II степени выявлены в 4 наблюдениях.

V тип впадины выявлен у 6 пациентов. Средний возраст больных составил 18 лет. В 4 случаях отмечена первичная врожденная дисплазия, в 2 – остаточная дисплазия после оперативного лечения. Во всех случаях имел место артроз I степени.

У пациентов с врожденной дисплазией и остаточной дисплазией после консервативного лечения преобладали I и V тип впадины, удельный вес которых составил 81%. Для больных с остаточной дисплазией после оперативного лечения был характерен II и IV тип впадины (87%). При вторичной дисплазии в 58% наблюдений диагностирован III тип впадины.

Наиболее высокий удельный вес суставов со II степенью артроза отмечен при II и IV типе дисплазии, преимущественно у пациентов с остаточной дисплазией тазобедренного сустава после оперативного лечения (11 суставов).

Как следует из данных таблицы, в суставах I типа отмечено увеличение показателей, характеризующих патологическое отклонение впадины в горизонтальной и фронтальной плоскостях, а также вертикализацию опорной поверхности. В указанных наблюдениях выявлено наиболее значимое увеличение антеверсии вертлужной впадины.

Рентгенометрические показатели вертлужной впадины у 62 пациентов с диспластическим и вторичным коксартрозом

показатели	Норма	Типы ацетабулярной дисплазии				
		I тип	II тип	III тип	IV тип	V тип
Угол Lance (°)	40–45	32,3±0,8*	31,7±1,6*	37±1,3	36±4,6	33±1,4*
Угол WBS (°)	0–10	34±0,9*	39±2,5*	22±1,8*	32±4,3*	39±1,5*
Ацетабулярный коэффициент	220–250	182±7,5*	131±9,2*	195±9,3**	123±12*	122±4,8*
Угол антеверсии впадины (°)	15–20	25,6±1,4**	18,8±0,9	12,3±1,4**	21±0,4	19,4±0,2
Индекс сферичности впадины	0,8–1,2	1,2±0,05	1,9±1,6*	1,5±0,07	1,4±0,25	1,8±0,4*
Индекс конгруэнтности суставных поверхностей	1,1–1,4	1,28±0,05	2,3±0,16*	1,3±0,13	0,95±0,06**	1,9±0,4*

* – достоверные отличия от нормы $p < 0,01$;
 ** – достоверные отличия от нормы $p < 0,05$.

Для пациентов с I типом дисплазии было характерно умеренное уплощение впадины. Показатели сферичности и конгруэнтности соответствовали верхней границе нормы.

Выраженное утолщение дна впадины в сочетании со значительным увеличением угла наклона опорной поверхности и угла фронтальной инклинации выявлено в суставах II и V типа. Показатель ориентации впадины в горизонтальной плоскости соответствовал норме. Показатели индексов сферичности и конгруэнтности суставных поверхностей указывали на увеличение объема впадины относительно размера головки бедра.

Особенностью суставов III типа была избыточная ретроверсия впадины. Показатели вертикального отклонения впадины, наклона опорной поверхности и ацетабулярный коэффициент были изменены умеренно. Средний показатель индекса конгруэнтности суставных поверхностей соответствовал норме.

В суставах IV типа значительное уплощение впадины сочеталось с нарушением конгруэнтности в виде несоответствия объема впадины увеличенному размеру головки. В указанной группе констатирована значительная вариабельность показателей вертикальной инклинации и угла WBS. Было выделено 2 подгруппы с учетом величины указанных параметров. Тип IVa (6 суставов) – угол Lance $< 37^\circ$, угол WBS $> 20^\circ$. Тип IVb (4 сустава) – угол Lance $\geq 37^\circ$, угол WBS $\leq 20^\circ$. Более выраженные артрозные изменения отмечены при IVa типе дисплазии.

На основании изучения результатов лечения пациентов анализируемой группы, а также данных литературы уточнен алго-

ритм лечебных мероприятий с учетом типа вертлужной впадины.

У пациентов с I типом дисплазии вертлужной впадины показано выполнение реориентирующей остеотомии, предполагающей разворот вертлужной впадины кнаружи и кзади. Если величина предполагаемого коррекционного разворота не превышает 20° , применяются варианты тройной остеотомии таза [4]. При более тяжелой степени дисплазии целесообразно использование полной периацетабулярной остеотомии (Ganz, Ninomya, Wagner) или околосуставной остеотомии таза типа Tonnis [4–7].

При II и V типе дисплазии показано использование комбинированных реконструктивных вмешательств, предусматривающих сочетание реориентирующей остеотомии таза и неполной периацетабулярной остеотомии. Посредством остеотомии таза восстанавливается правильное пространственное положение впадины. За счет неполной периацетабулярной остеотомии осуществляется изменение формы свода. Отличительной особенностью V типа дисплазии является обязательное открытое восстановление суставных соотношений в связи наличием фиброзно-хрящевой блокады сустава [6].

У пациентов с III типом дисплазии выполняется реориентирующая остеотомия, которая предусматривает разворот вертлужной впадины кнаружи и кпереди. Во всех случаях целесообразно использование полной периацетабулярной остеотомии или околосуставной остеотомии таза.

При IV типе дисплазии впадины изолированное применение реконструктивных операций не представляется возможным.

У пациентов с IVa типом для изменения пространственного положения и увеличения объема впадины применяется остеотомия таза с Shelf-операцией [6]. Альтернативным вариантом может быть III тип операции Wagner, представляющий собой комбинацию полной периацетабулярной остеотомии и операции Chiari. При IVb типе дисплазии показано применение корригирующих вмешательств, направленных на увеличение объема впадины (надвертлужная медиализирующая остеотомия типа Chiari, Shelf-операция). При выраженном уплощении впадины и дисконгруэнтности суставных поверхностей ($AC < 100$, $ICAS < 0,9$) целесообразно сочетание указанных корригирующих оперативных вмешательств.

Основными задачами ортопедической классификации считаются обеспечение выбора оптимального варианта оперативного вмешательства и прогнозирование исхода лечения. Наиболее часто используются классификационные системы Crowe и Hartofilakidis. Классификация Crowe основана в основном на степени смещения головки бедра. Система Hartofilakidis включает также оценку анатомических нарушений впадины. Указанные классификации имеют значение при планировании и выполнении артропластики. Однако значимость их для выбора оптимального суставсберегающего вмешательства сомнительна [6].

Классификация J. Clohisy (2011) предполагает выделение четырех типов дисплазии в зависимости от величины угла наклона опорной поверхности, центрально-краевого угла, наличия или отсутствия деформации головки, что позволяет определить показания для выполнения суставсберегающей операции на одном или обоих суставных компонентах [3]. Однако характер вмешательства на тазовой кости не конкретизируется. По-видимому, предполагается, что единственным возможным вариантом суставсберегающего вмешательства на тазовой кости у взрослых является операция Ganz.

Классификация Wilkin GP et al (2017) определяет три типа патологии впадины в зависимости от локализации недоразвития свода (передняя, задняя, латеральная нестабильность). Указанная патология компенсируется за счет изменения пространственного положения вертлужной впадины посредством полной периацетабулярной остеотомии [10]. Классификация J. Brockwell (2017) выделяет семь типов дисплазии впадины, характеризующихся определенными этиологическими и морфологическими особенностями. Однако она

не предусматривает дифференцированного подхода к коррекции патологических отклонений. Автор не конкретизирует характер необходимых оперативных приемов, а ограничивается только их локализацией (бедро, тазовая кость, шейка бедра, капсула) [11].

Представленная в данной работе система является модификацией классификации S. Doyle et J. Bowen (1999). В отличие от прототипа, она может применяться не только для врожденной, но и для вторичной дисплазии. Классификация предусматривает выделение 5 типов дисплазии вертлужной впадины. Для I типа основным элементом патологии было нарушение пространственной ориентации вертлужной впадины во фронтальной и горизонтальной плоскостях. Данное отклонение было причиной вертикализации опорной поверхности свода. Указанные изменения сопровождались умеренным утолщением дна впадины.

II тип впадины характеризовался увеличением ее вертикального размера и выраженным уплощением. Впадина имела блюдцеобразную форму. При этом типе дисплазии изменение ориентации опорной поверхности свода было в первую очередь связано с уплощением впадины.

При III типе впадины ведущими элементами патологии было уплощение свода, утолщение дна, Г-образная форма впадины. Вертикальное отклонение свода было умеренным.

Для IV типа были характерны утолщение и оссификация нижнемедиального отдела впадины, что приводило к ее латерализации. Возможными причинами указанного состояния признаются длительно существующий неустраненный латеральный подвывих и преждевременное закрытие U-образного хряща.

V тип наблюдался у пациентов с длительно существующим маргинальным или над-ацетабулярным вывихом и характеризовался наличием фиброзно-хрящевой ложной впадины. Отличительной особенностью этого варианта дисплазии впадины являлся мягкотканый блок, препятствующий перемещению головки во впадину.

В зависимости от типа вертлужной впадины предлагается применять различные варианты реконструктивных и корригирующих вмешательств, а также их комбинации. Каждый из выделенных вариантов дисплазии впадины отличается в прогностическом плане. Наиболее благоприятными являются I и III типы, так как для их коррекции должны применяться наиболее простые в техническом исполнении реконструктивные, внесуставные операции. Лечебные меро-

приятия при V варианте патологии предусматривают сочетание реконструктивных операций с открытой репозицией вывиха. Внутрисуставной характер вмешательства оказывает неблагоприятное воздействие на течение дегенеративно-дистрофического процесса в суставе. Для II и IV типа характерны более агрессивные комбинированные вмешательства, что увеличивает продолжительность восстановительного периода и в известной степени ухудшает прогноз. При IV типе патологии применяются только корригирующие операции. Поэтому прогноз у этой категории пациентов менее благоприятный, чем у больных с остальными типами дисплазии.

Заключение

Представленная система может использоваться в качестве рабочей классификации для выбора оптимальных суставсберегающих оперативных вмешательств и прогнозирования исхода лечения у подростков и молодых взрослых с ацетабулярной дисплазией.

Список литературы

1. Gala L., Clohisy J.C., Beaulé P.E. Hip Dysplasia in the Young Adult // *J Bone Joint Surg Am.* 2016. Vol. 98. No. 1. P. 63-73.
2. Schmitz M.R., Murtha A.S., Clohisy J.C. Developmental Dysplasia of the Hip in Adolescents and Young Adults // *J Am Acad Orthop Surg.* 2020. Vol. 28. No. 3. P. 91-101.
3. Clohisy J., Beaulé P., DellaValle C., Callaghan J.J., Rosenberg A.G., Rubash H.E. The Adult Hip. Wolters Kluwer. 2015. P.195-203.
4. Selberg C.M., Chidsey B., Skelton A., Mayer S. Pelvic Osteotomies in the Child and Young Adult Hip: Indications and Surgical Technique // *J Am Acad Orthop Surg.* 2020. Vol. 28. No. 6. P. 230-237.
5. Adler K.L., Cook P.C., Yen Y.M., Giordano B.D. Current Concepts in Hip Preservation Surgery: Part I // *Sports Health.* 2015. Vol. 7. No. 6. P. 518-26.
6. Chen M., Shang X.F. Surgical treatment for young adult hip dysplasia: joint-preserving options // *Int Orthop.* 2016. Vol. 40. No. 5. P. 891-900.
7. Leunig M., Ganz R. The evolution and concepts of joint-preserving surgery of the hip // *Bone Joint J.* 2014. Vol. 96. No. 1. P. 5-18.
8. Мадан С.С., Чилбул С.К. Краткий обзор методик сохранения тазобедренного сустава // *Ортопедия травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2017. Том 5. № 4. С. 74-79.
9. Тёпленский М.П., Олейников Е.В., Бунов В.С., Фозиллов Д. Т. Реконструкция тазобедренного сустава у молодых пациентов с диспластическим коксартрозом // *Травматология и ортопедия России.* 2022. Т. 28. № 1. С. 19-27.
10. Wilkin G.P., Ibrahim M.M., Smit K.M., Beaulé P.E. A Contemporary Definition of Hip Dysplasia and Structural Instability: Toward a Comprehensive Classification for Acetabular Dysplasia // *J Arthroplasty.* 2017. Vol. 32. No. 9. P. 20-27.
11. Brockwell J., O'Hara J.N., Young D.A. Acetabular Dysplasia: Aetiological Classification. In: McCarthy, Noble J., Villar P. *Hip Joint Restoration.* Springer. 2017. P 631-642.
12. Тепленький М.П., Олейников Е.В., Бунов В.С. Реконструкция тазобедренного сустава у пациентов с ишемическими деформациями проксимального отдела бедра, сочетающимися с ацетабулярной дисплазией // *Гений Ортопедии.* 2020. Т. 26. № 4. С. 502-507.

УДК 616.12-008.331.1

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ФАКТОРОВ РИСКА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У МУЖЧИН, ПРИЗВАННЫХ НА ВОЕННУЮ СЛУЖБУ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ

Шабунина В.А., Гуранова Н.Н., Усанова А.А., Фазлова И.Х., Радайкина О.Г.
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им Н.П. Огарева», Саранск, e-mail: fakter@list.ru

Представлены результаты анализа распространенности факторов риска артериальной гипертензии (АГ) у лиц мужского пола, подлежащих призыву на военную службу в Вооруженные силы РФ первично, и мобилизованных лиц. Обследованы пациенты мужского пола, направленные военным комиссариатом в отделение кардиологии № 1 Государственного учреждения здравоохранения Республики Мордовия «Мордовская республиканская клиническая больница» по поводу зафиксированных повышенных цифр артериального давления (АД) для уточнения диагноза и решения вопроса о прохождении военной службы. Выявлено, что у обследованных мужчин факторами риска АГ являются: генетическая предрасположенность, курение, избыточная масса тела, гиперхолестеринемия с дислипидемией и ожирение. У молодых пациентов, средний возраст которых составил $20,5 \pm 0,3$ года, обращает на себя внимание появление новых факторов риска АГ: курение альтернативных видов табачной продукции, таких как электронные сигареты, кальян. Выявлено, что использование альтернативных видов курения в старшей возрастной группе приводит к увеличению максимальных цифр АД днем и ночью по сравнению с пациентами, курящими традиционные сигареты. Полученные результаты исследования, выявившие распространенность альтернативных видов курения среди молодежи, связь и влияние их на степень АГ, должны послужить поводом для проведения массовых профилактических мероприятий в борьбе с курением.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, гипертоническая болезнь, курение, ожирение, дислипидемия, наследственность, электронные сигареты, кальяны

ANALYSIS OF THE PREVALENCE OF ARTERIAL HYPERTENSION RISK FACTORS IN MEN CALLED FOR MILITARY SERVICE IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA

Shabunina V.A., Guranova N.N., Usanova A.A., Fazlova I.Kh., Radaykina O.G.
National Research Mordovian State University named after N.P. Ogareva, Saransk,
e-mail: fakter@list.ru

The results of the analysis of the prevalence of risk factors for arterial hypertension (AH) in males subject to conscription in the Armed Forces of the Russian Federation in the primary and mobilized persons are presented. Male patients referred by the military commissariat to the Department of Cardiology No. 1 of «Mordovian Republican Clinical Hospital» were examined due to recorded elevated blood pressure (BP) numbers to clarify the diagnosis and resolve the issue of military service. It was revealed that in the examined men the risk factors for hypertension are: genetic predisposition, smoking, overweight, hypercholesterolemia with dyslipidemia and obesity. In young patients, whose average age was 20.5 ± 0.3 years, the emergence of new risk factors for hypertension is noteworthy: smoking of alternative types of tobacco products, electronic cigarettes. It was revealed that the use of alternative types of smoking in the older age group leads to an increase in the maximum BP figures during the day and at night compared to patients who smoke traditional cigarettes. The results of the study, which revealed the prevalence of alternative types of tobacco smoking among young people, their connection and influence on the degree of hypertension, should serve as a reason for mass preventive measures in the fight against smoking.

Keywords: arterial hypertension, hypertension, smoking, obesity, dyslipidemia, heredity, electronic cigarettes, hookahs

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) в России занимают первое место по распространенности и смертности среди хронических неинфекционных заболеваний [1]. Наибольший вклад в преждевременную смертность населения РФ вносит артериальная гипертензия (АГ) (35,5%). Важным неблагоприятным аспектом является все более раннее возникновение АГ, особенно у лиц мужского пола [2].

В настоящее время появились новые факторы риска: курение электронных сигарет, кальянов, прием энергетиков – они являются более популярными у лиц молодого возраста. Влияние ароматизаторов, содер-

жащихся в жидкостях, и других токсических веществ, а в некоторых случаях и никотина в электронных сигаретах на организм человека до конца не изучено. Курящий человек не понимает, что ставит над собой «эксперимент», подвергая свое здоровье большому риску. Вышеперечисленные факторы могут способствовать более раннему повышению артериального давления [3].

Курение электронных и обычных сигарет способно повысить риск влияния на ССС по сравнению с использованием только одного из этих продуктов. Такой вывод сделали ученые в результате двух исследований, организованных при поддерж-

ке Национального института сердца, легких и крови (NHLBI), включенного в состав Национального института здоровья (NIH). «В нашем исследовании на людях мы выяснили, что у тех, кто регулярно курит электронные сигареты, нарушена функция кровеносных сосудов. Это способствует риску развития сердечных заболеваний», – сообщил Matthew L. Springer, Ph.D., профессор медицинских наук в отделе кардиологии University of California in San Francisco и руководитель обоих исследований. «Это указывает на то, что люди, систематически использующие электронные сигареты, подвержены такому же риску развития заболеваний сосудов, как и те, кто курит табачные сигареты» [4].

В связи с этим в настоящее время изучение факторов риска АГ у лиц молодого возраста, особенно мужского пола, является актуальной проблемой практического здравоохранения.

Цель исследования – провести анализ факторов риска АГ у лиц мужского пола, подлежащих призыву на военную службу в Вооруженные силы РФ первично, и лиц, мобилизованных согласно Указу Президента Российской Федерации от 21.09.2022 № 647 «Об объявлении частичной мобилизации в Российской Федерации», направленных военным комиссариатом в отделение кардиологии № 1 Государственного учреждения здравоохранения Республики Мордовия «Мордовская республиканская клиническая больница» по поводу зафиксированных повышенных цифр артериального давления для уточнения диагноза и решения вопроса о прохождении военной службы.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 103 пациента мужского пола, поступивших в отделение кардиологии № 1 Государственного учреждения здравоохранения Республики Мордовия «Мордовская республиканская клиническая больница». Пациенты направлены военным комиссариатом в период с 1 сентября по 30 ноября 2022 года по поводу зафиксированных повышенных цифр артериального давления для уточнения диагноза и решения вопроса о прохождении военной службы. В исследование вошли мужчины от 18 до 46 лет, средний возраст составил $30 \pm 0,8$ года. Пациенты были разделены на две группы: лица мужского пола, подлежащие призыву на военную службу в Вооруженные силы РФ впервые, средний возраст которых составил $20,5 \pm 0,3$ года, и лица, мобилизованные согласно Указу Президен-

та Российской Федерации от 21.09.2022 № 647 «Об объявлении частичной мобилизации в Российской Федерации», средний возраст которых – $34 \pm 1,3$ года.

Было проведено общеклиническое обследование, которое включало физикальный осмотр с определением основных антропометрических параметров: рост, масса тела.

Рост (см) измеряли в положении стоя механическим ростометром. Измерение массы тела (кг) проводили с помощью медицинских механических весов (Momert 5200, Венгрия). Окружность талии (ОТ) (см) измеряли сантиметровой лентой. После проведенных измерений рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) по формуле: $\text{ИМТ} = \text{масса тела (кг)} / \text{рост (м)}^2$. За избыточную массу тела принимались показатели ИМТ в пределах $25,0 - 29,9 \text{ кг/м}^2$, за ожирение – $30,0 \text{ кг/м}^2$ и более.

Измерение АД проводилось аускультативным методом (Little Doctor LD-71, Сингапур) в положении сидя трехкратно с интервалом в 1–2 минуты. Степень повышения АД оценивалась в соответствии с классификацией клинических рекомендаций по артериальной гипертензии у взрослых (Российское кардиологическое общество, 2020 г.).

Лабораторные методы исследования включали определение содержания в плазме крови глюкозы натощак, содержания в сыворотке крови общего холестерина (ОХС), холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП), триглицеридов (ТГ), креатинина, определение скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле $\text{СКД} - \text{ЕРІ}$.

Также были проведены инструментальные методы обследования – электрокардиография (ЭКГ), суточное мониторирование артериального давления (СМАД), а также эхокардиография сердца (Эхо-КГ), исследование глазного дна, ультразвуковое исследование (УЗИ) почек и цветное дуплексное сканирование (ЦДС) сосудов почек.

Критериями исключения из исследования являлись пациенты с повышением давления на фоне симптоматической артериальной гипертензии.

В результате обследования проведена верификация диагноза: в 1-й группе диагностирована гипертоническая болезнь (ГБ) у 22 человек (51%), вегетососудистая дистония по гипертоническому типу (ВСД) у 21 человека (49%). Во 2-й группе ГБ – у 27 человек (84%), ВСД по гипертоническому типу – у 5 человек (16%) (рис. 1).

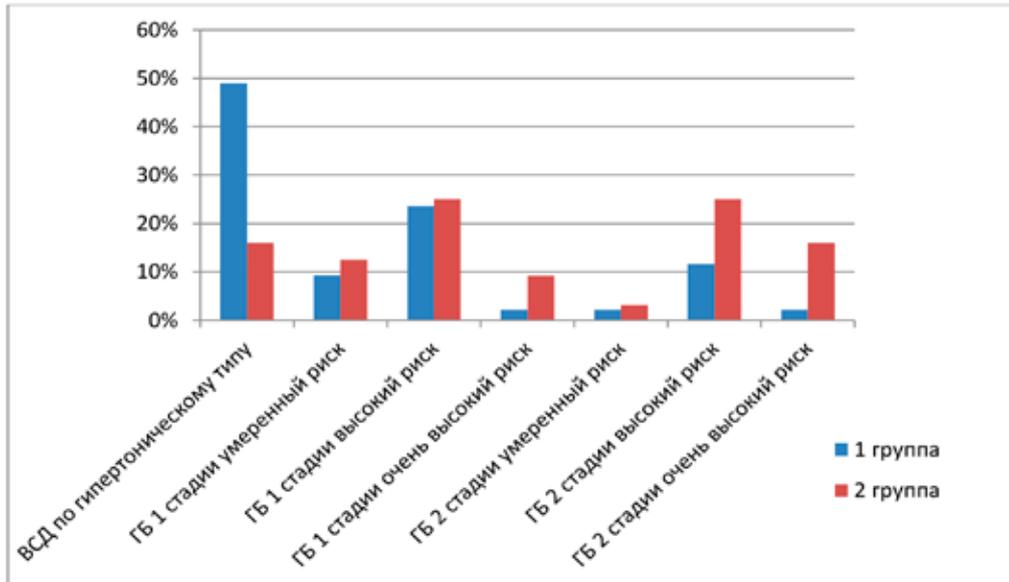


Рис. 1. Верификация диагноза в исследуемых группах

Статистическая обработка результатов проводилась с применением стандартных алгоритмов вариационной статистики: для оценки достоверности различий относительных величин использовали расчет средней ошибки репрезентативности ($\pm m$) и t-критерия Стьюдента. При $p < 0,05$ различия считались достоверными. Для статистического изучения взаимосвязи между показателями использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ наследственной предрасположенности позволил выявить отягощенную наследственность по ГБ у респондентов 1-й

группы в 67,5% случаев, у пациентов 2-й группы – в 81% случаев.

У большинства лиц наследственность по ГБ была отягощена по линии матери – у 39,5% (17 человек) в 1-й группе и у 34,3% (12 человек) во 2-й группе, по линии отца наследственная отягощенность наблюдается реже – у 11,6% (5 человек) в 1-й группе и у 21,9% (7 человек) во 2-й группе, а по обеим линиям – у 16,4% (7 человек) и у 21,9% (7 человек) в 1-й и 2-й группах соответственно (рис. 2).

При оценке массы тела были рассчитаны средние значения ИМТ, составившие $26,2 \pm 0,9$ кг/м² у респондентов 1-й группы и $29,7 \pm 1,3$ кг/м² у пациентов 2-й группы ($p < 0,05$).

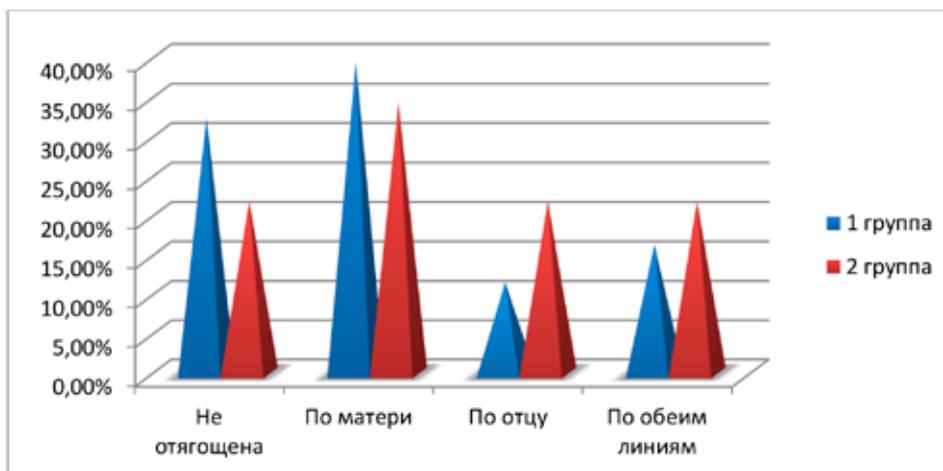


Рис. 2. Структура наследственной отягощенности в исследуемых группах

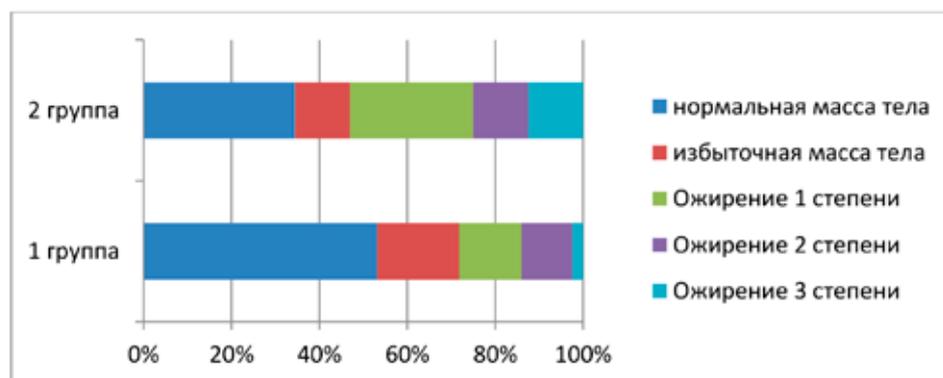


Рис. 3. ИМТ в группах исследования ($M \pm m$)

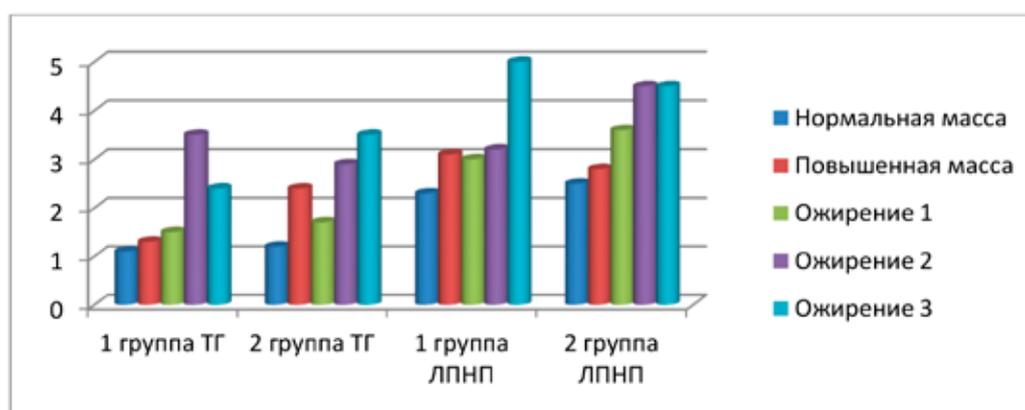


Рис. 4. Уровень ТГ и ЛППП в крови у исследуемых пациентов с различной массой тела ($M \pm m$)

Лица 1-й группы имели избыточный вес в 46,5% случаев (20 человек): 18,6% (8 человек) имели предожирение, 14,1% (6 человек) – ожирение I степени, 11,6% (5 человек) – ожирение II степени; 2,4% (1 человек) – ожирение III степени. Лица 2-й группы лишь в 34,5% (11 человек) имели нормальный вес, в 65,5% случаев вес был избыточен: 12,5% (4 человек) имели предожирение, 28% (9 человек) – ожирение I степени, 12,5% (4 человека) – ожирение II степени; 12,5% (4 человека) – ожирение III степени. У пациентов 2-й группы избыточная масса тела и ожирение встречаются чаще (рис. 3).

При анализе показателей липидного обмена наблюдаются следующие изменения: средний уровень общего холестерина (ОХС) у пациентов 1-й группы – $4,1 \pm 0,2$ ммоль/л, 2-й группы – $5,5 \pm 0,25$ ммоль/л ($p < 0,05$). У пациентов с ГБ в 1-й и 2-й группах уровень ОХС увеличивается прямо пропорционально возрасту ($r = 0,58$ и $r = 0,6$ соответственно). Степень взаимосвязи возраста и ОХС у больных с ВСД не достоверна ($r = 0,3$ и $r = 0,36$).

Средний уровень ЛППП у респондентов 1-й группы составил $2,6 \pm 0,1$ ммоль/л,

2-й группы – $3,2 \pm 0,2$ ммоль/л ($p > 0,05$). ЛПВП в пределах нормы в обеих группах – $1,3 \pm 0,1$ ммоль/л и $1,4 \pm 0,05$ ммоль/л соответственно ($p < 0,05$). Средний уровень ТГ у пациентов 1-й группы находится в пределах нормы – $1,5 \pm 0,2$ ммоль/л, а средний уровень ТГ во 2-й группе повышен и составляет $2,0 \pm 0,2$ ммоль/л ($p > 0,05$).

Выявлена взаимосвязь высокого уровня ТГ и ЛППП с избыточной массой тела в обеих группах ($r = 0,56$ и $r = 0,55$ соответственно в 1-й группе и $r = 0,60$ и $r = 0,54$ соответственно во 2-й группе) (рис. 4).

При изучении показателей глюкозы плазмы натощак выявлено, что средний уровень глюкозы у пациентов 1-й группы составляет $5,3 \pm 0,1$ ммоль/л, у пациентов 2-й группы – $6,6 \pm 0,5$ ммоль/л ($p < 0,05$). Следует отметить, что у 3 пациентов из 2-й группы имеется сахарный диабет в сочетании с ожирением, что объясняет более высокое среднее значение уровня глюкозы во 2-й группе респондентов. У остальных пациентов с повышенным уровнем глюкозы натощак отмечаются избыточная масса тела или ожирение разных степеней.

Таблица 1

Результаты антропометрии (возраст, индекс массы тела) и основные показатели лабораторных данных липидного и углеводного обменов в исследуемых группах

Параметр	1-я группа (n=43)	2-я группа(n=32)	p
	M±m/n	M±m/n	
Возраст, лет	20,5±0,3	30±0,8	p<0,05
ИМТ, кг/м	20,5±0,3	34±1,3	p<0,05
ОХС, ммоль/л	4,1±0,2	5,5±0,25	p<0,05
ЛПНП, ммоль/л	2,6±0,1	3,2±0,2	p>0,05
ЛПВП, ммоль/л	1,3±0,1	1,4±0,05	p<0,05
ТГ, ммоль/л	1,5±0,2	2,0±0,2	p>0,05
Глюкоза плазмы, ммоль/л	5,3±0,1	6,6±0,5	p<0,05

Таблица 2

Частота и виды курения в группах исследования

Вид курения	1-я группа(n=43)		2-я группа (n=32)	
	n	%	n	%
Не курит	17	39,5%	15	46,9%
Только обычные сигареты	4	9,2%	7	21,9%
Альтернативные виды курения	22	51,3%	10	31,2%

Результаты антропометрии (возраст, индекс массы тела) и основных показателей лабораторных данных липидного и углеводного обменов в исследуемых группах представлены в таблице 1.

При анализе такого важного фактора АГ, как курение, было выявлено, что некурящих пациентов во 2-й группе (46,9%) больше, чем в 1-й группе (39,5%), хотя средний возраст пациентов 2-й группы выше, чем 1-й группы. Эти данные соответствуют эпидемиологическим исследованиям, проведенным в России, установившим, что средний возраст начала курения – 11–13 лет. В стране, по минимальным подсчетам, курит каждый четвертый подросток, а каждый десятый к 15 годам уже имеет серьезную табачную зависимость [5, 6]. В проводимых ранее исследованиях по изучению осведомленности влияния курения на риск возникновения ССЗ при опросе студентов различных специальностей была выявлена низкая информированность по данной проблеме (10,3%), даже среди студентов, обучающихся в медицинском институте [7, 8].

Кроме того, некоторые молодые мужчины утверждали, что они не курят, но при более тщательном расспросе было выяснено, что не курят обычные сигареты, в то время как альтернативные виды курения, та-

кие как кальяны, электронные сигареты и другие подобные устройства, используют. Благодаря подробному сбору анамнеза была выяснена следующая картина частоты и видов курения у обследуемых пациентов (табл. 2).

У лиц 1-й группы более популярны альтернативные способы курения. Обращает на себя внимание высокий процент одновременного курения сразу нескольких видов табачной продукции. Мужчины 2-й группы предпочитают только либо обычные сигареты, либо электронные сигареты.

Было проведено сравнение результатов СМАД у исследуемых пациентов с учетом вида курения. В результате установлено, что пациенты, курящие только обычные сигареты, в обеих группах имеют более высокие показатели СМАД, чем некурящие. Пациенты 1-й группы, использующие альтернативные виды курения, имеют менее высокие цифры АД, чем курящие обычные сигареты. Однако во 2-й группе исследуемых, пользующихся альтернативными видами курения, средние значения АД днем и ночью практически равны значениям АД у лиц, курящих обычные сигареты, а максимальные цифры АД днем и ночью превышают значения лиц, курящих традиционные сигареты (рис. 5).

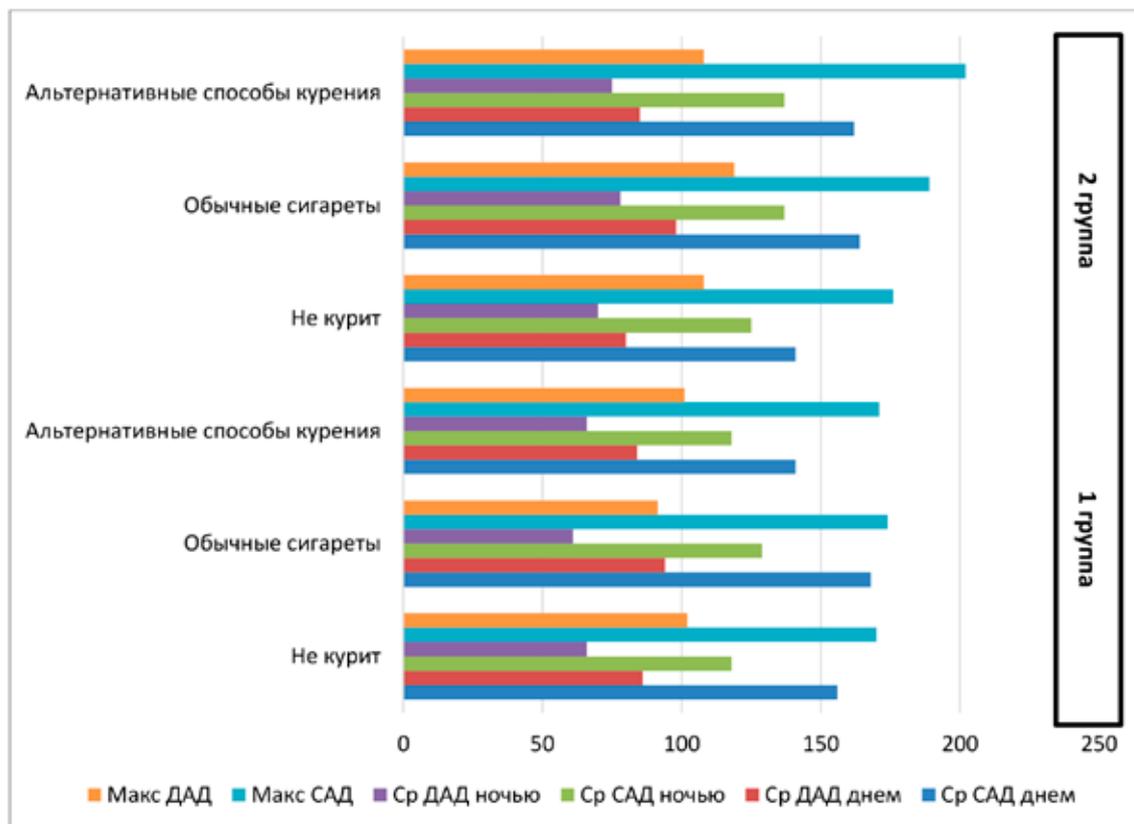


Рис. 5. Результаты СМАД у исследуемых пациентов с учетом вида курения

Выводы

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать следующие выводы.

1. Среди мужчин, призванных на военную службу, имеют важное значение такие факторы риска АГ, как генетическая предрасположенность, курение, избыточная масса тела, дислипидемия и ожирение.

2. Среди лиц молодого возраста обращает на себя внимание большое распространение нового фактора риска АГ: курение альтернативных видов табачной продукции.

3. Выявлено, что в случае использования альтернативных видов курения в старшей возрастной группе значения максимальных цифр АД днем и ночью сравниваются и даже превышают значения у пациентов, курящих традиционные сигареты.

Список литературы

1. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2020. Т. 25(3). С.149-218. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-3-3786.
2. Антропова О.Н., Силкина С.Б., Осипова И.В., Смышляева Т.Л., Батанина И.А. Кардиоваскулярные факторы риска у лиц молодого возраста с высоким нормальным арте-

риальным давлением и эссенциальной артериальной гипертензией // Сибирский медицинский журнал. 2019. №34(4). С. 101-111.

3. Галицкая М.Г., Фисенко А.П., Макарова С.Г. Электронные сигареты (вейпы) – старая угроза здоровью в новом обличье // Российский педиатрический журнал. 2022 №25(5). С. 357–361.

4. Стронгин Р.М., Шарма Е., Эритропель Х.С., Эль-Хеллани А., Кассем Н.О.Ф., Михеев В.Б., Нозль А., Пейтон Д.Х., Мэтью Л. Новые продукты ЭСДН и проблемы в исследованиях токсичности в борьбе против табака СпрингерТоб Контроль. Авторская рукопись; доступно в PMC 2023 17 декабря. Опубликовано в окончательно отредактированном виде как: Tob Control.: табачный контроль-2022-057268. Опубликовано в сети 17 июня 2022 г. DOI: 10.1136/tobaccocontrol-2022-057268.

5. Сахарова Г.М., Антонов Н.С. Глобальное обследование употребления табака среди молодежи в возрасте 13-15 лет // Медицина. 2016. № 4. С. 1-12.

6. Покатилов А.Б., Тириченко О.Ю. Курение среди несовершеннолетних // Главный врач. 2017. № 2(54). С. 76-78.

7. Усанова А.А., Гуранова Н.Н., Фазлова И.Х., Куяева Т.А. Эпидемиологические аспекты осведомленности и распространенности факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний у студентов ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева» // Актуальные проблемы медицины. 2014. № 24(195). С. 132-136.

8. Усанова А.А., Гуранова Н.Н., Фазлова И.Х., Куяева Т.А. Влияние факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний на формирование АГ у лиц призывного возраста по данным кардиологического отделения ГБУЗ РМ «МРКБ» // Фарматека. 2015. № 20. С. 66-69.

СТАТЬЯ

УДК 514

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ
АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ****Черкасова Е.Ю.***ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург,
e-mail: elena030358@mail.ru*

Начертательная геометрия (НГ) – это область знаний о построении образов объектов пространства на плоскости и создание на базе этих образов обратимых чертежей для использования в производстве различных изделий и строений. Это дисциплина, которая формирует у студентов навыки проецирования, т.е. построения плоских изображений пространственных объектов, и формулирует правила таких построений. НГ относится к циклу графических дисциплин в техническом вузе. В сочетании с компьютерным инструментарием построения изображений (проекций) НГ расширяет свои возможности и может быть использована для решения различных задач, в том числе математических. Преимуществом компьютерных графических систем в использовании их для решения графических задач является их высокая точность, позволяющая определить размер или результат построений до 8-го знака. В математике широко используется визуализация уравнений в виде графиков функций. Но возможность сдвига их на чертеже методами НГ позволила доказать, что число корней уравнений зависит только от численной величины свободного члена. Визуализация математического аппарата с «парой чисел» позволила создать теорию графического вычисления на обычной плоскости.

Ключевые слова: графические вычисления, визуализация уравнений, компьютерные графические системы, телесный угол, вычислительная графика

**APPLICATION OF DESCRIPTIVE GEOMETRY METHODS
FOR SOLVING SYSTEMS OF LINEAR ALGEBRAIC EQUATIONS****Cherkasova E. Yu.***Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, e-mail: elena030358@mail.ru*

Descriptive geometry (NG) is a field of knowledge about the construction of images of space objects on a plane and the creation of reversible drawings based on these images for use in the production of various products and structures. This is a discipline that forms students' projection skills, i.e. the construction of flat images of spatial objects and formulates the rules of such constructions. NG belongs to the cycle of graphic disciplines in a technical university. In combination with computer tools for constructing images (projections), NG expands its capabilities and can be used to solve various problems, including mathematical ones. The advantage of computer graphics systems in using them to solve graphical problems is their high accuracy, which allows you to determine the size or result of constructions up to 8 characters. In mathematics, visualization of equations in the form of graphs of functions is widely used. But the possibility of shifting them in the drawing by NG methods allowed us to prove that the number of roots of the equations depends only on the numerical value of the free term. Visualization of the mathematical apparatus with a «pair of numbers» made it possible to create a theory of graphical calculation on an ordinary plane.

Keywords: graphical calculations, visualization of equations, computer graphics systems, solid angle, computational graphics

В международной системе единиц (СИ) [1, с. 25] указано, что единица измерения телесного угла не имеет размерности. Однако авторский метод двухкоординатной равно-великой развертки позволяет предложить и размерность, и способ ее количественного измерения [2].

Созданный в целях развития теории начертательной геометрии авторский метод проекций с временными отметками дал возможность количественно решать пространственно-временные задачи с 7 и более числом переменных [3].

Манипуляции с графиками функций дали возможность не только создать графическую теорию мнимых чисел, которая подтверждена сечениями геометрических тел (конусов вращения), но и предложить

общие математические зависимости описания некоторых «замечательных» кривых: эллипса, гиперболы и окружности [4-6].

Сугубо графическая интерпретация тригонометрических функций (синуса и косинуса) позволила создать графическую теорию, позволяющую осуществлять с ними арифметические операции сложения/вычитания, но также, что более важно, суммировать и синусоиды [7]. Метод подтвержден графическими расчетами в области теоретической электротехники [8].

Изложенные результаты графических исследований позволили обобщить их термином «вычислительная графика» [9]. Изложению методики этой дисциплины на примере решения систем уравнений посвящена данная публикация.

Материал и методы исследования

Задача 1. Решить систему трех уравнений с тремя неизвестными (1).

$$\begin{cases} 8463x + 10602y + 10374z - 964782 = 0 \\ 598x - 874y - 247z - 11362 = 0 \\ 456x - 2052y - 288z + 16416 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Математическое решение получено вычислением определителей [10]. Приведем вычисление одного из них:

$$\begin{vmatrix} 8463 & 10602 & 10374 \\ 598 & -874 & -247 \\ 456 & -2052 & -288 \end{vmatrix} = 8463 \begin{vmatrix} -874 & -247 \\ -2052 & -288 \end{vmatrix} - 10602 \begin{vmatrix} 598 & -247 \\ 456 & -288 \end{vmatrix} + 10374 \begin{vmatrix} 598 & -247 \\ 456 & -2052 \end{vmatrix} =$$

$$= 8463(874 \cdot 288 - 2052 \cdot 247) - 10602(-598 \cdot 288 + 456 \cdot 247) + 10374(-598 \cdot 2052 + 456 \cdot 874) =$$

$$= 8463(251712 + 506844) - 10602(-172224 + 112632) + 10374(-1227096 + 398544) =$$

$$= 8463 \cdot 255132 + 10602 \cdot 59592 - 10374 \cdot 828552 =$$

$$= 2159182116 + 631794384 - 8595398448 = 10122786180.$$

Численные значения других определителей соответственно равны:

$$\Delta_x = 559186117776;$$

$$\Delta_y = 160094410476;$$

$$\Delta_z = 321627997380.$$

Арифметические действия с определителями дали численные значения решения:

$$x = 55,239302;$$

$$y = 15,816078;$$

$$z = 31,772765.$$

Учитывая то, что каждое уравнение первой степени с тремя неизвестными представляет собой плоскость, графическое решение сводится к построению линии их пересечения.

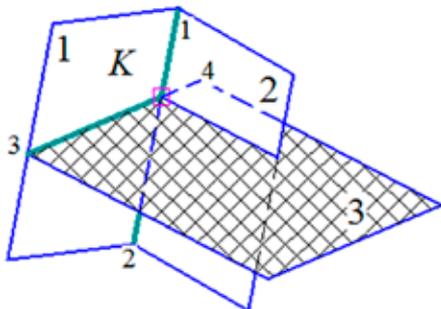


Рис. 1. Обоснование графического решения

Методика решения (рис. 1) состоит в построении линий пересечения плоскостей 1 и 2 (отрезок 1-2), а также 1 – 3 (отрезок

3-4). Ответом является точка пересечения отрезков 1-2 и 3-4.

Реализация метода начертательной геометрии выполнена в следующем порядке. Во-первых, все уравнения преобразованы в «уравнения плоскости в отрезках» [11]. Во-вторых, каждое уравнение на чертеже (рис. 2) изображено следами плоскостей (изображены тонкими линиями) по точкам их схода.

$$\begin{cases} \frac{x}{114} + \frac{y}{91} + \frac{z}{93} = 1 \\ \frac{x}{19} - \frac{y}{13} - \frac{z}{46} = 1 \\ \frac{x}{36} - \frac{y}{8} - \frac{z}{57} = 1 \end{cases}$$

Линия пересечения плоскостей 1 и 2 (стиль – основная линия) построена по проекциям точек 1 и 2 (обозначены кружками) пересечения следов.

Фронтальная проекция линии пересечения плоскостей 1 и 3 (а для решения достаточно только ее) $3_2 - 4_2$ (стиль – утолщенная линия) также построена по точкам пересечения следов 4_1 и 3_2 (отмечены кружками).

Ответом является точка пересечения (K – обозначена квадратом) проекций отрезков 1-2 и 3-4.

Измерением по чертежу координат точки K средствами компьютерной графики нашли те же значения (шесть знаков после запятой), что приведены выше, но полученные математическим путем [12].

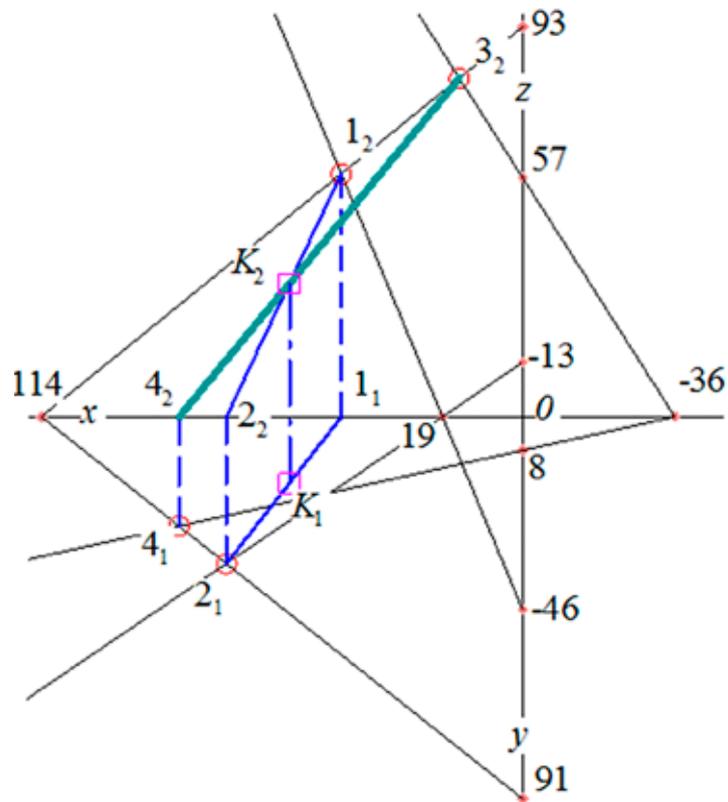


Рис. 2. Графическое решение системы уравнений (1)

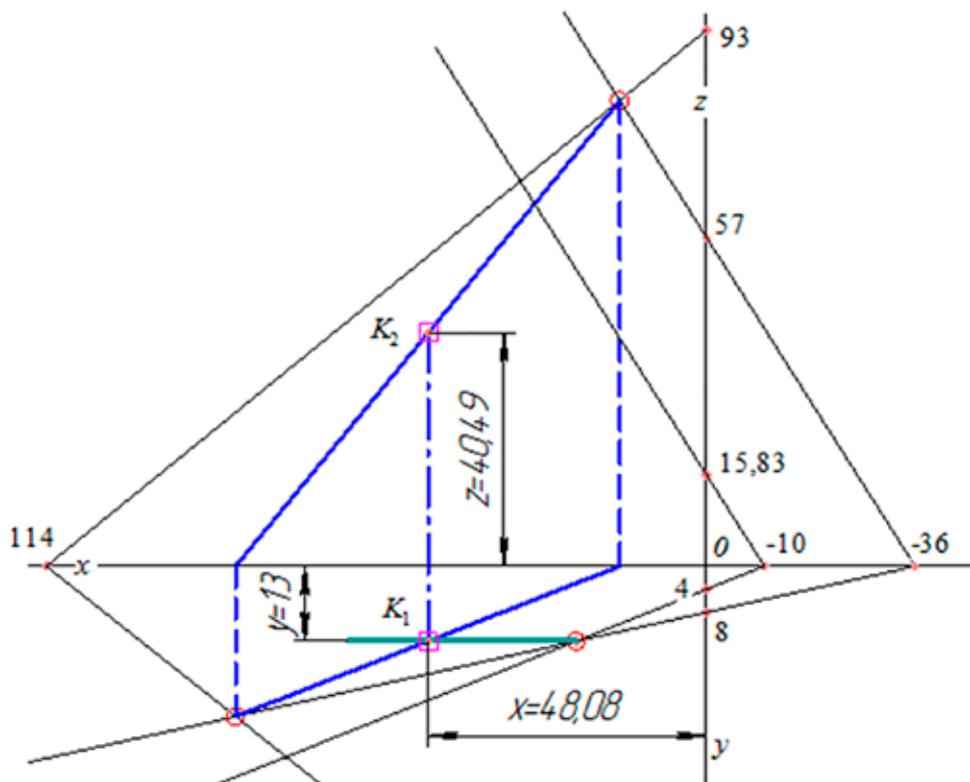


Рис. 3. Графическое решение системы уравнений (2)

В качестве примечания отметим, что в графическом варианте без дополнительных построений число знаков после запятой можно увеличить [13].

Сравним рассмотренные варианты по разным критериям.

Универсальность. Явное преимущество имеет математический способ.

Количество логических операций. В математическом методе их более 100. Это умножение, сложение, вычитание, раскрытие скобок со сменой знака. В графическом варианте: построение точек по координатам – 9, построение отрезков по точкам пересечения – 6.

Из сопоставления можно сделать вывод. Для массового применения практичнее составить и апробировать универсальную математическую программу. В конструкторской практике, при разовом использовании, более удобен графический вариант.

Особенность графического решения, помимо очевидной простоты и логичности, состоит в возможности быстрого решения одной задачи с изменяющимися параметрами.

Задача 2. Решить систему уравнений (1) с измененными условиями.

В качестве примера, в подтверждение сказанного, на рисунке 3 показано решение системы (2), в которой по сравнению с (1) целиком заменено 2-е уравнение.

$$\begin{cases} 8463x + 10602y + 10374z - 964782 = 0 \\ -63,33x + 158,33y + 40z - 633,33 = 0 \\ 456x - 2052y - 288z + 16416 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

При сохранении изображения плоскостей 1 и 3 вместе с линией их пересечения решением является построение следов новой плоскости и линии пересечения ее с первой плоскостью. Ответ – координаты точки пересечения двух отрезков.

В данном примере для получения ответа потребовалась лишь одна проекция искомой линии, поскольку учтена параллельность фронтальных следов, как это использовано при решении аналогичной задачи в учебнике [14].

Данные графические процедуры можно проводить неограниченное число раз, изменяя последовательно либо один параметр, либо уравнение в целом. Такое возможно, например, при поиске оптимального варианта исходных параметров. Расширительно подобное решение можно толковать как своеобразную графическую программу.

Так на примере решения задач на определение корней системы уравнений с тремя

неизвестными графическим способом в системе Компас 3D показано преимущество графического способа решения, которое состоит в следующем.

1. Высокая точность вычислений – до 8-го знака после запятой.

2. Простота построений с применением метода проецирования, которая позволяет затратить меньше времени на решение задачи.

3. Возможность многовариантного решения, заложенная в самом графическом построении, где изменение условий легко реализуется и позволяет получить новый результат.

4. Сокращение количества этапов решения, что оптимизирует временные затраты и делает метод более простым для решения.

5. Универсальность в применении графического метода для решения любых математических задач.

Заключение

Вычислительная графика, обладающая вышеперечисленными преимуществами, является перспективной областью развития научных исследований, ее возможности могут быть применены в смежных областях знаний, например в разделах теоретической механики, электротехники, при изучении материаловедения, выполнении различных технических прочностных расчетов, при изучении сопротивления материалов, деформации, и в других общеобразовательных и общетехнических областях научной деятельности.

Графические способы решения вырабатывают навыки визуального восприятия информации, замены привычных формул графическими объектами, изучение и восприятие которых способствуют развитию пространственного мышления – навыка, востребованного в практической инженерной деятельности. Работа с графической информацией – составляющая часть деятельности при проектировании, на стадии разработки технологии и в производстве любого технического объекта [15]. Сочетание математических расчетов с графическими построениями развивает способности специалистов технического профиля к решению возникающих задач нестандартным путем с минимальными временными затратами и оптимальным способом.

Список литературы

1. Бурдун Г.Д. Справочник по Международной системе единиц. М.: Изд-во стандартов, 1977. 232 с.
2. Савельев Ю.А., Черкасова Е.Ю. Количественное измерение телесных углов // Вестник УрГУПС. 2015. № 4(28). С. 32-42.

3. Савельев Ю.А. Четырехмерный континуум пространство – время // Вестник УрГУПС. 2013. № 1(17). С. 14-23.
4. Гирш А.Г. Построение сферы по мнимым точкам // Геометрия и графика. 2022. Т. 10. № 3. С. 3-11.
5. Черкасова Е.Ю. Построение эллипса – метод начертательной геометрии // Инновационный транспорт. 2014. № 3. С. 49-52.
6. Черкасова Е.Ю. Применение методов начертательной геометрии для решения физических задач // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 12. С. 88-91.
7. Савельев Ю.А., Бабич Е.В. Графическая тригонометрия в модернизации существующих и проектировании новых машин и механизмов // Инновационный транспорт. 2017. № 31(23). С. 55-62.
8. Савельев Ю.А., Черкасова Е.Ю. Вычислительная графика в решении нетрадиционных задач // Геометрия и графика. 2020. Т. 8. № 1. С. 33-44.
9. Сальков Н.А. Геометрическая составляющая технических инноваций // Геометрия и графика. 2018. Т. 6. № 2. С. 85-93.
10. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: АСТ, Астрель, 2010. 703 с.
11. Панчук К.Л., Любчинов Е.В. Циклографическая интерпретация и компьютерное решение одной системы алгебраических уравнений // Геометрия и графика. 2019. Т. 7. № 3. С. 3-14.
12. Савельев Ю.А. К определению числа корней // Геометрия и графика. 2013. Т. 1. № 1. С. 24–25.
13. Черкасова Е.Ю. Методические основы компьютерной начертательной геометрии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 6. С. 68-73.
14. Траутман Н.Ф. Сборник задач по начертательной геометрии. М.: Машгиз, 1953. 279 с.
15. Туркина Л.В. Реализация интерактивного подхода при выполнении практических заданий в курсе инженерной графической подготовки // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29656> (дата обращения: 27.05.2023).

СТАТЬЯ

УДК 535.016

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛАСТИН С ПОМОЩЬЮ РАССЕЯНИЯ СВЕТА**

^{1,2}Подопригора В.Г., ²Раковская С.А.

¹Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск, e-mail: podoprigora46@gmail.com

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: srakovskaya@sfu-kras.ru

В работе предложен новый способ определения параметров шероховатостей и корреляционной функции (КФ) сверхгладких диэлектрических пластин. Способ основан на нахождении из экспериментальной индикатрисы рассеивания света коэффициентов разложения (КФ) в ряд по системе ортогональных функций с последующим вычислением среднеквадратичных отклонений высот неровностей поверхности σ и периода корреляции T . Отличительными особенностями метода являются: 1) отсутствие неоднозначности, возникающей при подгонке к экспериментальной кривой рассеяния теоретических зависимостей с разными корреляционными функциями, которые сами зависят от параметров шероховатостей; 2) возможность избежать необходимости измерять индикатрису рассеяния во всей полусфере над образцом. Данный способ определения КФ и параметров шероховатости поверхности может применяться для любого типа границ раздела при соблюдении критерия Рэлея, определяющего степень неровности поверхности отражения по отношению к длине волны падающего излучения. Поэтому объектами исследования могут быть не только поверхности с нанометровыми шероховатостями, облучаемые лазерным светом, но и, например, земные покровы при их дистанционном зондировании радиосигналами навигационных спутников. Для полированных пластин кварца получены значения параметров шероховатостей, близкие к аналогичным величинам, измеренным независимо на лазерном интерференционном профилометре другими авторами.

Ключевые слова: неровность поверхности, шероховатость, сверхгладкие пластины, корреляционная функция, индикатриса рассеяния

**DETERMINATION OF PLATES DIELECTRICAL SURFACES
CHARAKTERISTICS BY LIGHT SCATLERING**

^{1,2}Podoprigora V.G., ²Rakovskaya S.A.

¹L.A. Kyrenski Institute of Physics KSK SB RAS, Krasnoyarsk, e-mail: podoprigora46@gmail.com

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: srakovskaya@sfu-kras.ru

The paper proposes a new method for determining the roughness parameters and the correlation function (CF) of supersmooth dielectric plates. The method is based on finding the expansion coefficients (CF) from the experimental light scattering indicatrix in a series according to a system of orthogonal functions, followed by the calculation of the standard deviations of the surface irregularity heights σ and the correlation period T . Distinctive features of the method are: 1) the absence of ambiguity that arises when fitting theoretical dependences with different correlation functions, which themselves depend on the roughness parameters, to the experimental scattering curve; 2) the possibility of avoiding the need to measure the scattering indicatrix in the entire hemisphere above the sample. This method for determining the CF and surface roughness parameters can be used for any type of interface, subject to the Rayleigh criterion, which determines the degree of roughness of the reflection surface with respect to the wavelength of the incident radiation. Therefore, the objects of study can be not only surfaces with nanometer roughness irradiated by laser light, but also, for example, earth covers during their remote sensing by radio signals from navigation satellites. For polished quartz plates, the values of the surface parameters were obtained close to similar values measured independently on a laser interference profilometer by other authors.

Keywords: roughness parameters, surface, correlation function, dielectrical plates, scattering indicatrix

Количественное измерение неровностей поверхности является важной практической задачей во многих областях научно-технической деятельности: приборостроении, нано- и микроэлектронике, методах космического зондирования земных покровов и т.д. Особую роль среди способов определения шероховатости поверхности играют бесконтактные методы контроля, использующие для облучения исследуемого объекта удаленный источник электромагнитных волн (ЭМВ) и соответствующий приемник сигналов. Как правило, форма отражающей поверх-

ности нерегулярна, а высота точек поверхности $W(0,0) = \overline{h_1(x_1, y_1)h_2(x_2, y_2)} = \sigma^2$ является случайной функцией ее координат. Эту случайную поверхность характеризует корреляционная функция (КФ), которая определяется как средняя от произведения ординат двух различных пространственно разнесенных точек поверхности: $h(x, y)$, где σ – среднее квадратическое отклонение высот от среднего уровня поверхности. На практике часто бывает необходимо знание и другого параметра шероховатости – интервала (радиуса) корреляции T – характерного

расстояния, на котором КФ W поверхности существенно меняется. Величина T зависит от отношения σ к длине волны излучения λ . Электромагнитное поле, рассеянное на поверхности, также является случайной функцией пространственных координат и времени. Ансамбль реализации этой случайной функции есть совокупность ЭМВ, возникающих при дифракции на неровностях поверхности. Поэтому свойства дифференциальной функции распределения вероятностей значений амплитуд рассеянного поля в разных точках пространства аналогичны свойствам плотности распределения высот неровностей поверхности. Актуальной является следующая задача: по статистике рассеянных ЭМВ определить параметры шероховатостей и их влияние на рассеяние сигналов.

Метод, основанный на анализе индикатрис рассеянного света, является весьма эффективным для определения электрооптических и геометрических характеристик поверхностей. В большинстве случаев эти параметры поверхности измеряются в независимых экспериментах, а способ определения параметров шероховатостей с использованием разных наборов корреляционных функций не всегда отличается корректностью.

В настоящей работе предлагаются эффективный метод определения корреляционной функции (КФ) сверхгладкой поверхности с помощью описанного ранее [1] поляризационного рефлектометра, а также способ нахождения на том же приборе среднеквадратического отклонения высот неровностей σ^2 , корреляционной длины T и диэлектрической постоянной ε приповерхностных слоев.

Подход основан на выводах теории малых возмущений, применимой при малых флуктуациях параметров среды и малых интенсивностях рассеянного света по отношению к интенсивности падающего. В качестве одного из важных критериев применимости этого приближения, определяющего способ определения неровностей и степень их влияния на характеристики отражения и рассеяния, используется известный критерий $\sigma / \lambda \ll 1$.

Согласно теории рассеяния, интенсивность I диффузной составляющей отраженного от поверхности образца света с длиной волны $\lambda \gg \sigma$ пропорциональна оптическому фактору Q , зависящему от величины ε и геометрии опыта, а также спектральной плотности $\tilde{W}(k)$ КФ $W(\rho)$ [2]:

$$I_{p,s} = Q_{p,s}(\psi, \theta, \varepsilon) \tilde{W}(k) \quad (1)$$

$$\tilde{W}(k) = 1/4\pi^2 \int_0^\infty W(\rho) \exp(-ik_1 \rho) \rho d\rho, \quad (2)$$

где ρ и k – модули радиус-вектора частицы и разности волновых векторов рассеянного и падающего света, $k_1 = 2\pi / \lambda \times (\sin \theta - \sin \psi)$, индексы p и s отличают p и s – поляризацию, ψ и θ – углы падения и рассеяния. Используя выражение (1), можно получить данные о параметрах шероховатостей поверхности образца, связанные с видом КФ (множитель \tilde{W}), или диэлектрической проницаемости ε (значение Q). Рассмотрим оба случая по отдельности.

Определение КФ и параметров шероховатостей поверхности

Как известно, существуют по меньшей мере два метода нахождения КФ [2, 3] из эксперимента по рассеянию света. Первый метод состоит в подборе КФ из набора заданных аналитических выражений с последующим вычислением интеграла (2). Сравнивая затем полученную теоретическую зависимость $I(\theta)$ с экспериментальной индикатрисой рассеяния, выбирают ту КФ, которая лучше описывает эксперимент. Второй метод заключается в вычислении функции $W(\rho)$ как преобразования, обратного (2), и дальнейшей ее аппроксимации. Недостатками этих методов являются, соответственно, неоднозначность в выборе КФ, зависящей от параметров шероховатостей, и необходимость знать индикатрису рассеяния во всей полусфере, так как Фурье-преобразование предполагает интегрирование по всей области определения ρ . В большинстве экспериментов рассеянное излучение измеряется в плоскости падения, поэтому данных эксперимента не хватает для определения $W(\rho)$ из обратного Фурье-преобразования (2). Рассмотрим другое решение этой задачи.

Уравнение (2) является, по сути, однородным уравнением Фредгольма второго рода, в котором $W(\rho)$ является искомой функцией, а $[\exp(-ik_1 \rho) \rho]$ – ядром. Представим КФ $W(\rho)$ в виде ряда по системе ортогональных функций $J_j(\rho)$ j -го порядка:

$$W(\rho) = \sum_{j=0}^{\infty} B_j J_j(\rho), \quad (3)$$

где B_j – коэффициенты разложения, которые необходимо найти. Подставив уравнение (3) в (2), получим:

$$\tilde{W}(k) = \frac{1}{4\pi^2} \int_0^\infty \sum_{j=0}^{\infty} B_j J_j(\rho) \exp(-ik_1 \rho) \rho d\rho, \quad (4)$$

Поменяв местами порядок суммирования и интегрирования, будем иметь:

$$\tilde{W}(k) = \frac{1}{4\pi^2} \sum_{j=0}^{\infty} B_j N_j(k), \quad (5)$$

$$N_j(k) = \int_0^{\infty} \exp(-ik_1\rho) J_j(\rho) d\rho, \quad (6)$$

есть Фурье-образы выбранных функции $J_j(\rho)$. В качестве системы данных ортогональных функций J возьмем модифицированные функции Лагерра:

$$\ln \rho = L_n(\rho) e^{-\rho/2}. \quad (7)$$

Фурье-образами (6) этих функций являются многочлены Якоби $P_n^{(0,1-n)}$, составляющие также ортогональную систему с весовой функцией $f(\rho)$:

$$f(\rho) = \rho^{-n} (1-\rho)^{n-1}. \quad (8)$$

Теперь уравнение (5) будет иметь вид:

$$\tilde{W}(k) = \frac{1}{4\pi^2} \sum_{j=0}^{\infty} B_j P_j^{(0,1-j)}. \quad (9)$$

Откуда, используя ортогональность функций Якоби, можно определить коэффициенты B_j :

$$B_j = 4\pi^2 \int_0^{\infty} \tilde{W}(k) P_j^{(0,1-j)}(k) f(k) dk. \quad (10)$$

Минимизируя по параметрам B_j разницу между экспериментальной индикатрисой

и кривой, рассчитанной с использованием \tilde{W} из (9), получим искомые коэффициенты разложения КФ. Подставляя их в уравнение (3), найдем $W(\rho)$. Данный способ определения КФ достаточно корректен и упрощает эксперимент.

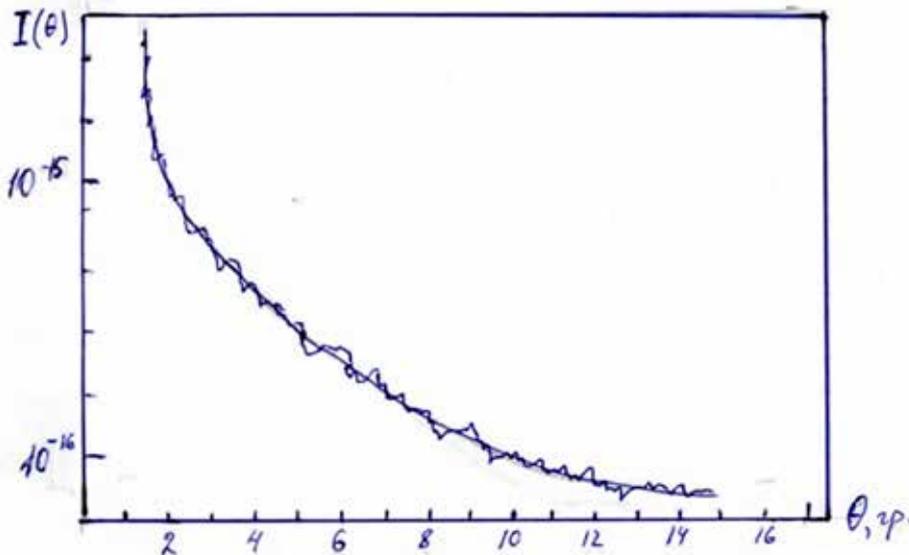
Параметры шероховатостей σ^2 и T могут быть найдены из известных условий нормировки, накладываемых на КФ:

$$\sigma^2 = W(\rho) \Big|_{\rho=0}. \quad (11)$$

$$2\pi\sigma^2 T^2 = 2\pi \int_0^{\infty} W(\rho) \rho d\rho.$$

Предлагаемый способ определения КФ и параметров шероховатостей поверхности, а также методика измерений реализованы на описанной ранее в [1] установке. Объектами исследования служили отполированные кварцевые пластины, а также стеклянные подложки (основы магнитооптических дисков для записи и считывания информации).

На рисунке показаны результаты минимизации функции $(I_{\text{эксп.}} - I_{\text{теор.}})$ для света $\lambda = 0,628 \text{ мкм}$, рассеянного полированной поверхностью кварцевой пластинки. Видна очень хорошая сходимость процесса, что позволило достаточно быстро получить значения КФ и параметров шероховатостей поверхности: $\sigma^2 = 0,0030 \text{ мкм}$, $T = 1,6 \text{ мкм}$. Близкие значения этих параметров получены независимым методом при сканировании поверхности данного образца на лазерном интерференционном профилометре [4].



Экспериментальная индикатриса рассеяния и кривая, полученная в результате минимизации функции $(I_{\text{эксп.}} - I_{\text{теор.}})$ для полированной пластинки кварца

Определение диэлектрической проницаемости поверхности

Поскольку пространственный спектр высот неровностей поверхности не зависит от условий поляризации падающего света, то, вычисляя по (1) отношения интенсивностей s - и p -рассеянного света, мы получим простую формулу для определения из эксперимента величины ε при заданных углах падения и рассеяния света:

$$J_s / J_p = Q_s(\psi, \theta, \varepsilon) / Q_p(\psi, \theta, \varepsilon), \quad (12)$$

где, как известно:

$$Q_s = (\varepsilon - 1) / \left(1 + \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \Psi}\right) \left(\cos \theta + \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \theta}\right), \quad (13)$$

$$Q_p = \frac{(\varepsilon - 1) \left(\varepsilon \sin \psi \sin \theta - \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \psi} \cdot \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \theta}\right)}{\left(\varepsilon \cos \psi + \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \psi}\right) \left(\varepsilon \cos \theta - \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \theta}\right)}. \quad (14)$$

Прибор устроен таким образом, что анализируется только свет, рассеянный от передней грани прозрачного образца. Измеренные в разных точках исследуемой поверхности отношения интенсивностей I_s / I_p в пределах 10%-ной ошибки оказались примерно одинаковыми. Это позволило найти среднее по образцу значение диэлектрической постоянной приповерхностного слоя. Для отполированных пластинок кварца и стекла эти значения равны 2,33 и 1,83, что меньше значений ε в объеме (2,40 и 2,18 соответственно), определенных при той же частоте падающего света. Уменьшение величины ε на поверхности по сравнению с объемом может быть обусловлено релаксацией и реконструкцией поверхности вследствие изменения структуры и внутреннего поля, а также обработки образца [5].

Данный способ определения корреляционной функции и параметров шероховатостей поверхности с использованием экспериментальной индикатриссы рассеяния может быть использован для любого типа границ раздела при соблюдении критерия Рэлея, определяющего степень неровностей поверхности отражения. Если условие Рэлея $\sigma / \lambda < 1 / (16 \sin \psi)$ (где $\psi = \frac{\pi}{2} - \theta$ – угол скольжения) выполняется, то отражающую поверхность можно считать квазигладкой

(набег фаз на возмущениях σ чрезвычайно мал), и тогда выводы лежащей в основе метода теории малых возмущений справедливы в полной мере. Способ может применяться не только для объектов с нанометровыми шероховатостями, облучаемых светом, но и, например, в радиолокационных методах зондирования земных покровов сигналами навигационных спутников L-диапазона. Следует отметить, что отраженная электромагнитная волна формируется не в одной точке, а в пределах области, ограниченной первой зоной Френеля, где излучение когерентно. Именно в пределах этой области необходимо учитывать степень шероховатости отражающей поверхности.

Список литературы

1. Подопригора В.Г., Кабанов И.С., Сургутанов И.В. Измерение параметров шероховатости прозрачных диэлектрических пластин // Метрология. 1991. № 2. С. 191-196.
2. Elson J.M., Retchir K.H. Theory of Scattering of Electromagnetic Waves from Surfaces // Phys. Stat. Sol. B. 1974. V. 62. P. 461-468.
3. Топорев А.С. Оптика шероховатостей поверхности. Л.: Машиностроение, 1988. 429 с.
4. Гоняев В.С., Фроленко В.А., Шестаков Н.П., Шешуков А.П. Автоматизированного интерференционный профилограф // Автометрия. 1987. № 5. С. 50-56.
5. Караванов В.В., Сахновский М.Ю. Влияние качества полировки поверхности монокристаллов на их оптические константы // Журнал прикладной спектроскопии. 1996. Т. 44. № 4. С. 623-627.