

**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 = 0,618

№ 9 2018

Пятилетний импакт-фактор  
РИНЦ = 0,337

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](http://www.rae.ru)

The electronic version takes places on a site [www.rae.ru](http://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); 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 = 0,618.**

**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,337.**

Учредитель, издательство и редакция:  
НИЦ «Академия Естествознания»,  
почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47.

**ISSN 1996-3955**

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41  
Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: [edition@rae.ru](mailto:edition@rae.ru)

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова  
Техническое редактирование и верстка Л.М. Байгузова  
Корректор Е.С. Галенкина

Подписано в печать 24.09.2018  
Дата выхода номера 24.10.2018

Формат 60x90 1/8  
Типография  
НИЦ «Академия Естествознания»  
410035, г. Саратов,  
ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 21,13  
Тираж 500 экз.  
Заказ МЖПиФИ 2018/9

© НИЦ «Академия Естествознания»

## СОДЕРЖАНИЕ

**Технические науки**

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МАССООБМЕННЫХ ТАРЕЛОК <i>Молоканова Л.С., Шибитова Н.В., Колоскова В.В.</i> .....	9
ПРОГНОЗНЫЙ РАСЧЕТ ПРИТОЧНО-ОХЛАЖДАЕМЫХ СВАЙ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ <i>Окороков Н.С., Коркишко А.Н.</i> .....	14

**Физико-математические науки**

МЕТОД БУЛЕВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ В КАЧЕСТВЕННОМ АНАЛИЗЕ ДВОИЧНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А.</i> .....	19
--	----

**Медицинские науки**

ТРИПСИН КАК МОДИФИЦИРУЮЩИЙ ФАКТОР В УТИЛИЗАЦИИ ПЕЧЕНЬЮ ПЕНТАГАСТРИНА <i>Алейник В.А., Бабич С.М., Жураева М.А., Зулунова И.Б.</i> .....	30
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС СОВРЕМЕННОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ НА ПРИМЕРЕ СТУДЕНТОВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА <i>Зубкова А.А., Бароян М.А.</i> .....	35
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБНОСТИ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВАХ ДЛЯ БОЛЬНЫХ ОРФАННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ <i>Косякова Н.В.</i> .....	40
КОМПЛЕКСНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ДИФFUЗНОМ ТОКСИЧЕСКОМ ЗОБЕ <i>Курбонов С., Гулов М.К., Давлатов И.А.</i> .....	46
ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ <i>Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Юдин С.М.</i> .....	50
СПЕЦИФИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НООТРОПНОГО ПЕПТИДА hLDF-6 НА АКТИВНОСТЬ ИНТЕРНЕЙРОНОВ ОБОРОНИТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ <i>Никитин В.П., Козырев С.А., Солнцева С.В.</i> .....	58
ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МАЗЕЙ И АНТИСЕПТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ <i>Ниязов Б.С., Динлосан О.Р., Уметалиев Ю.К., Овчаренко К.Е., Акматов Т.А.</i> .....	64
ОЦЕНКА ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА У БОЛЬНЫХ АЛКОГОЛИЗМОМ <i>Прокотьева В.Д., Ветлугина Т.П., Ярыгина Е.Г., Мандель А.И.</i> .....	69
ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ СО СМЕШАННОЙ ФОРМОЙ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СТИРАЕМОСТИ ЗУБОВ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ) <i>Смердина Ю.Г., Смердина Л.Н., Тё Е.А.</i> .....	74

**Биологические науки**

ОТОБРАЖЕНИЕ ГРАДИЕНТОВ РЕПОЛЯРИЗАЦИИ В МИОКАРДЕ ЖЕЛУДОЧКОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРИЕНТАЦИИ СЕРДЦА	
<i>Артеева Н.В.</i> .....	79
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ВНЕШНЕЙ ЗАДАЧИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ПЕРЦЕПЦИИ	
<i>Золотин А.Ю., Симоненко С.В., Фелик С.В., Симоненко Е.С., Антипова Т.А.</i> .....	84
СВЯЗЬ ЛИЧНОСТНОЙ ТРЕВОЖНОСТИ СО СПЕКТРАЛЬНО-КОГЕРЕНТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ А1-РИТМА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА	
<i>Каратыгин Н.А., Коробейникова И.И., Венерина Я.А., Бирюкова Е.В.</i> .....	91
СИСТЕМА ARG IV И ЕЕ СРАВНЕНИЕ С СИСТЕМОЙ ТАХТАДЖЯНА НА ПРИМЕРЕ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Родина Е.Ю., Олейник Д.А.</i> .....	98
ВЛИЯНИЕ ПАТОГЕННОСТИ ПОГОДЫ СУТОК НА ЧАСТОТУ ВЫЗОВОВ СКОРОЙ ПОМОЩИ ПО ПОВОДУ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СУРГУТА)	
<i>Соколов С.В.</i> .....	106
РАЗРАБОТКА БИОПРЕПАРАТА «КАЗВИОРЕМ» ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ	
<i>Хасенова Э.Ж., Аюпова А.Ж., Бердимуратова К.Т., Сарсенова А.С., Баякенов Д.А., Нагызбеккызы Э., Молдагулова Н.Б.</i> .....	111
РАЗВИТИЕ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ ПРЕДЖЕЛУДКОВ САЙГАКОВ В ОНТОГЕНЕЗЕ К УСЛОВИЯМ ОБИТАНИЯ	
<i>Хацаева Р.М.</i> .....	115

**Сельскохозяйственные науки**

ОПТИМИЗИРОВАННЫЕ СХЕМЫ СЕВООБОРОТОВ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ЗЕМЕЛЬ ГОРНОЙ ЗОНЫ РСО-АЛАНИЯ	
<i>Мамиев Д.М., Абаев А.А.</i> .....	121

**Науки о Земле**

ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА ДОСТУПНОСТИ В РЕКРЕАЦИОННОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)	
<i>Соловова А.Т.</i> .....	126

**Экономические науки**

ПУТИ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ МОДЕРНИЗАЦИИ АКТИВНОГО СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА	
<i>Пучков И.И.</i> .....	131

**Педагогические науки**

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИК АРТ-ТЕРАПИИ, ОЦЕНКА ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ И РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	
<i>Семенова Н.В., Вяльцин А.С., Исаева К.А., Щерба Е.В., Кошелева И.И.</i> .....	136

**Исторические науки и археология**

## АРЕАЛ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КУЛЬТУРЫ ЕНИСЕЙСКИХ КЫРГЫЗОВ

*Кожобеков М.Ч.* ..... 141

**Социологические науки**АДАПТАЦИЯ ПЕРЕСЕЛЕНЦЕВ И АБОРИГЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ  
В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО  
ПРОСТРАНСТВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА (1856–1917 ГОДЫ)

*Кутовая С.В.* ..... 146

**Филологические науки**ФОНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОВОГО КАЗАХСКОГО  
ЛАТИНИЗИРОВАННОГО ПИСЬМА

*Базарбаева З.М.* ..... 150

ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЯЗЫКА И КУЛЬТУРЫ  
КЫРГЫЗОВ И ПЛЕМЕНИ НАВАХО

*Мамбаева С.К.* ..... 154

**НАУЧНЫЙ ОБЗОР****Медицинские науки**ВНУТРИМАТОЧНАЯ КОНТРАЦЕПЦИЯ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ  
СОВРЕМЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Блесманович А.Е., Алехина А.Г., Петров Ю.А.* ..... 159

## ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ГЕПАТОЦЕЛЛЮЛЯРНОЙ КАРЦИНОМЫ

*Щеголев А.И., Туманова У.Н., Мишинёв О.Д.* ..... 164

---

**CONTENTS**
**Technical sciences**

## MODERN DESIGN MASS TRANSFER PLATES

*Molokanova L.S., Shubitova N.V., Koloskova V.V.* ..... 9

## FORECAST CALCULATION OF SUPPLY-COOLED PILES ON THE EARTH FROZEN SOILS

*Okorokov N.S., Korkishko A.N.* ..... 14

**Physical and mathematical sciences**

 BOOLEAN CONSTRAINTS METHOD IN QUALITATIVE ANALYSIS  
 OF BINARY DYNAMIC SYSTEMS

*Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.* ..... 19

**Medical sciences**

## TRIPSIN AS A MODIFIING FACTOR IN THE LIVER'S UTILIZATION OF PENTAGASTRIN

*Aleynik V.A., Babich S.M., Zhuraeva M.A., Zulunova I.B.* ..... 30

 THE DENTAL STATUS OF MODERN STUDENT'S YOUTH ON THE EXAMPLE  
 OF STUDENTS OF DENTAL FACULTY

*Zubkova A.A., Baroyan M.A.* ..... 35

 DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL BASES FOR ELECTRONIC SOFTWARE PRODUCT,  
 BY DEFINITION, NEEDS FOR MEDICINES FOR PATIENTS WITH ORPHAN DISEASES

*Kosyakova N.V.* ..... 40

 COMPLEX CHANGE OF THYROID GLAND STRUCTURE  
 AT DIFFUSE TOXIC GOITER

*Kurbonov S., Gulov M.K., Davlatov I.A.* ..... 46

## ENVIRONMENTAL SITUATION AND HEALTH IN LARGE INDUSTRIAL CITIES

*Meshkov N.A., Valtseva E.A., Yudin S.M.* ..... 50

 THE SPECIFIC EFFECT OF THE HLDF-6 NOOTROPIC PEPTIDE ON THE ACTIVITY  
 OF INTERNEURONS OF THE SNAIL DEFENSIVE BEHAVIOR

*Nikitin V.P., Kozyrev S.A., Solntseva S.V.* ..... 58

 EFFECTIVENESS OF COMPLEX APPLICATION OF OINTMENTS AND ANTISEPTIC  
 MEDICINE IN TREATMENT OF FESTERING WOUNDS OF SOFT TISSUES IN EXPERIMENT

*Niyazov B.S., Dinlosan O.R., Umetaliev Yu.K., Ovcharenko K.E., Akmatov T.A.* ..... 64

## EVALUATION OF PERIPHERAL OXIDATIVE STRESS MARKERS IN ALCOHOLIC PATIENTS

*Prokopeva V.D., Vetlugina T.P., Yarygina E.G., Mandel A.I.* ..... 69

 TREATMENT OF PATIENTS WITH MIXED FORM OF LOCALIZED  
 PATHOLOGICAL ABRASION OF TEETH (CASE REPORT)

*Smerdina Yu.G., Smerdina L.N., Tyo E.A.* ..... 74

**Biological sciences**

 THE REFLECTION OF REPOLARIZATION GRADIENTS IN THE HEART VENTRICLES  
 ONTO THE BODY SURFACE DEPENDING ON THE HEART ORIENTATION

*Arteeva N.V.* ..... 79

---

ANALYTICAL FORMALIZATION OF ORGANOLEPTIC PERCEPTION  
EXTERNAL OBJECTIVE

*Zolotin A.Yu., Simonenko S.V., Felik S.V., Simonenko E.S., Antipova T.A.* ..... 84

THE RELATIONSHIP OF TRAIT ANXIETY WITH A SPECTRAL-COHERENT  
CHARACTERISTICS OF A1-RHYTHM IN THE HUMAN EEG

*Karatygin N.A., Korobeynikova I.I., Venerina Ya.A., Biryukova E.V.* ..... 91

THE APG IV SYSTEM AND ITS COMPARISON WITH THE TAKHTAJAN SYSTEM  
USING ANGIOSPERMS OF SAKHALIN REGION AS AN EXAMPLE

*Rodina E.Yu., Oleynik D.A.* ..... 98

INFLUENCE OF PATHOGENICITY OF WEATHER OF DAYS ON FREQUENCY  
OF CALLS OF FIRST AID CONCERNING HYPERTENSIVE CRISES  
IN THE CONDITIONS OF THE NORTH (ON AN EXAMPLE OF SURGUT)

*Sokolov S.V.* ..... 106

DEVELOPMENT OF «KAZBIOREM» BIOLOGICAL PREPARATION  
FOR SOIL CLEANING FROM OIL AND OIL PRODUCTS

*Khasenova E.Zh., Ayupova A.Zh., Berdymuratova K.T., Sarsenova A.S.,  
Bayakenov D.A., Nagyzbekkyzy E., Moldagulova N.B.* ..... 111

DEVELOPMENT OF MORPHOFUNCTIONAL MECHANISMS OF THE ADAPTATIONS  
OF SAIGA PREGASTRICS IN ONTOGENESIS TO HABITAT CONDITIONS

*Khatsaeva R.M.* ..... 115

**Agricultural sciences**

OPTIMIZED SCHEMES OF SEWER CONTROL FOR AGROECOLOGICAL  
GROUPS OF LAND OF THE MOUNTAIN ZONE OF RNO-ALANYA

*Mamiev D.M., Abaev A.A.* ..... 121

**Earth sciences**

THE IMPORTANCE FACTOR OF ACCESSIBILITY IN RECREATIONAL  
NATURE MANAGEMENT (TRANS-BAIKAL TERRITORY)

*Solovova A.T.* ..... 126

**Economical sciences**

WAYS TO MODERNIZE ACTIVE NETWORK EQUIPMENT IN CONTINUOUS  
FOOD PRODUCTION SYSTEM

*Puchkov I.I.* ..... 131

**Pedagogical sciences**

HYGIENIC SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF ART-THERAPY METHODS,  
EVALUATION OF THEIR INFLUENCE ON HEALTH AND DEVELOPMENT  
OF CHILDREN WITH DISABLED HEALTH OPPORTUNITIES

*Semenova N.V., Vyaltzin A.S., Isaeva K.A., Shcherba E.V., Kosheleva I.I.* ..... 136

**Historical sciences and archeology**

AREA OF DISTRIBUTION OF THE CULTURE OF THE YENISEI KYRGYZS

*Kozhobekov M.Ch.* ..... 141

---

**Sociological sciences**

ADAPTATION OF IMMIGRANTS AND ABORIGINAL POPULATION IN THE CONDITIONS  
OF FORMATION OF SOCIAL AND CULTURAL SPACE OF THE FAR EAST REGION (1856–1917)

*Kutovaya S.V.* ..... 146

**Philological sciences**

PHONOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE NEW KAZAKH LATINISED LETTER

*Bazarbaeva Z.M.* ..... 150

LINGUISTIC AND CULTURAL STUDIES OF LANGUAGE AND CULTURE  
OF KYRGYZ AND NAVAJO TRIBAL PEOPLE

*Mambaeva S.K.* ..... 154

**SCIENTIFIC REVIEW**
**Medical sciences**

INTRAUTERINE CONTRACEPTION: THE PROS AND CONS OF MODERN APPLICATIONS

*Blesmanovich A.E., Alekhina A.G., Petrov Yu.A.* ..... 159

RISK FACTORS OF HEPATOCELLULAR CARCINOMA

*Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Mishnev O.D.* ..... 164

УДК 66.048.3

## СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МАССООБМЕННЫХ ТАРЕЛОК

**Молоканова Л.С., Шибитова Н.В., Колоскова В.В.**

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград,  
e-mail: natanik@vstu.ru, natanik40@mail.ru*

В работе приведен анализ развития направления по конструированию контактных устройств массообменных процессов, связанных с разделением и переработкой сред с различными свойствами. Отмечено, что, несмотря на многообразие конструкций массообменных тарелок, они, прежде всего, должны обеспечивать высокую эффективность разделения различных сред, т.е. получение качественных продуктов, учитывая при этом величину гидравлического сопротивления на одну теоретическую ступень контакта фаз, а также большой диапазон рабочих нагрузок. Установлено, что при высоких нагрузках по пару и жидкости рекомендуется применять прямоточные тарелки (клапанные, клапано-ситчатые, струйные, чешуйчатые). Скорость пара (газа) в отверстиях этих тарелок достигает 12–14 м/с. Поток жидкости, смешанный с парожидкостным потоком, попадая в переливное устройство, уносит часть пузырьков газа (пара) на нижерасположенную тарелку. В прямоточных тарелках возникают проблемы с сепарацией газа и распределением потоков. В рассмотренных работах часть вопросов решается путем комбинирования типов тарелок, например ситчатых и клапанных, или распределением потоков за счет дополнительной установки контактных элементов. Большой интерес представляют конструкции прямоточных тарелок, в которых гидрозатвор перенесен в межтарельчатое пространство, что позволяет увеличить рабочую площадь тарелок, а также изменить характер потоков на контактном устройстве. В данных конструкциях тарелок увеличена высота передней стенки переливного устройства, что исключает заброс парожидкостного потока непосредственно в переливное устройство, а осветленный поток жидкости отводится через стенку переливного устройства и сливные отверстия. Результаты подтверждены экспериментальными исследованиями.

**Ключевые слова:** массообменные процессы, коэффициент полезного действия, барботаж, ситчато-клапанная тарелка, застойная зона, струйная тарелка, поверхность контакта фаз, гидрозатвор

## MODERN DESIGN MASS TRANSFER PLATES

**Molokanova L.S., Shibitova N.V., Koloskova V.V.**

*Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education State  
«Volgograd State Technical University», Volgograd, e-mail: natanik@vstu.ru, natanik40@mail.ru*

The paper presents an analysis of the development direction for the design of contact devices of mass transfer processes associated with the separation and processing of media with different properties. It is noted that, despite the variety of designs of mass transfer plates, they, first of all, should provide high efficiency of separation of different media, i.e. obtaining high-quality products, taking into account the value of hydraulic resistance at one theoretical stage of contact phases, as well as a large range of workloads. It is established that at high loads of vapor and liquid, it is recommended to use flow plates (valve, valve-strainer, jet, scaly). The rate of vapor (gas) in the holes of these plates reaches 12-14 m/s. The flow of liquid, mixed liquid-vapor stream entering the overflow device, takes some of the gas bubbles (vapor) on the downstream plate. In straight-flow plates there are problems with gas separation and flow distribution. In the considered works, some of the issues are solved by combining the types of plates, for example, sieve and valve or the distribution of flows due to the additional installation of contact elements. Of great interest are the designs of straight-flow plates, in which the hydraulic lock is transferred to the inter-belt space, which allows to increase the working area of the plates, as well as to change the nature of the flows on the contact device. In these structures plates increased height of the front wall of the overflow device, which eliminates the casting of vapor-liquid flow directly into the overflow device, and clarified the flow of liquid is removed through the wall of the overflow device and drain holes. The results are confirmed by experimental studies.

**Keywords:** mass transfer processes, coefficient of efficiency, bubbling, sieve-valve plate, stagnant zone, the jet plate, the surface of contact of phases, hydraulic lock

В последнее время перед разработчиками и производителями оборудования химической, нефтехимической, пищевой отраслей промышленности для проведения массообменных процессов ставится задача, наряду с повышением эффективности тарельчатых колонных аппаратов, также и снижения энергозатрат, особенно в процессах ректификации и других теплообменных процессах.

В колонных аппаратах применяются тарелки различных конструкций [1, 2], которые отличаются не только конструк-

тивными особенностями, но и технико-экономическими характеристиками. Тарелки широко используются в процессах ректификации, абсорбции, экстракции, при очистке сточных вод и мокрой очистки газов от пыли при разных рабочих условиях и изготавливаются в соответствии с ГОСТ Р 53684-2009 [3].

В большинстве случаев новые конструкции массообменных тарелок появились за последние 50 лет. Раньше на предприятиях химической и нефтехимической промышленности применялись тарелки толь-

ко колпачковые и ситчатые. Многообразие конструкций тарелок обусловлено требованиями повышения качества получаемых продуктов и разнообразием свойств перерабатываемых сред, от их высокой вязкости до наличия твердых примесей при обработке, например, нефтешламов и очистке сточных вод. Особые требования к конструкциям тарелок необходимы при работе с пенящимися растворами. Оценка конструкций тарелок осуществляется в первую очередь по эффективности разделения, производительности и гидравлическому сопротивлению.

Цель исследования: анализ новых конструкций массообменных тарелок колонных аппаратов.

### Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели исследования была использована учебная и техническая литература по массообменным процессам, монографии, научные статьи, материалы кандидатской диссертации и патенты.

### Результаты исследования и их обсуждение

В монографии Х.Н. Ясафеева, А.Г. Лаптева и М.И. Фарахова [4] рассмотрены наиболее распространенные конструкции тарелок, а также приведены конкретные методики расчета аппаратов при модернизации промышленных установок разделения и переработки углеводородного сырья. Разработаны математические модели расчета эффективности разделения смесей.

В монографии А.Г. Лаптева [5] приведен сравнительный анализ различных контактных устройств в тепло- и массообменных аппаратах, даны рекомендации по методике их расчета на основании результатов опытных исследований, подтверждающих математические модели, позволивших получить уравнения для расчета коэффициентов тепло- и массоотдачи с целью оценки эффективности массообменных процессов в промышленных аппаратах.

В теоретической части монографии [6] рассмотрены методики расчета массообменных колонн применительно к процессам ректификации с учетом продольного перемешивания. На основании обзора конструкций контактных устройств, разработанных авторами, а также проведенных гидродинамических экспериментальных исследований для некоторых из них выполнено моделирование реальных процессов химической технологии, позволивших значительно снизить энергозатраты за счет повышения эффективности работы массообменных аппаратов и снижения гидравлического сопротивления контактных устройств.

Важнейшей проблемой проведения экспериментальных исследований массообменных процессов является так называемый масштабный переход, так как трудно определить структуру потоков в реальных аппаратах на основании результатов экспериментальных исследований. Например, в зарубежных фирмах (Кох-Глитч) распределение жидкого потока на входе в колонну исследуется на стенде, диаметр которого составляет до 10 м. Известно, что при увеличении размеров колонны структура потоков значительно меняется, образуются застойные зоны, возникает циркуляция потоков, снижающая движущую силу процесса, а следовательно, и эффективность массообмена.

В статье [7] изучены причины появления неравномерности распределения газовой (паровой) фазы при входе на тарелку и жидкой фазы по полотну массообменной тарелки. Для учета влияния неравномерностей распределения фаз на контактном устройстве предложен алгоритм расчета КПД тарелки по Мерффри.

ЗАО «ПЕТРОХИМ ИНЖИНИРИНГ» совместно с Российским государственным университетом нефти и газа им. И.М. Губкина разработали [8] прямоточную клапанно-ситчатую тарелку для массообменных аппаратов, в которой установлены клапаны с односторонним открытием в виде пластин с отверстиями, под которыми размещены козырьки. Козырьки, имеющие переменную высоту, в сторону открытия пластин, а направлены в противоположную открытию пластин сторону. При использовании такой тарелки обеспечивается интенсивная турбулизация контактирующих фаз и увеличивается поверхность контакта фаз.

А.В. Ларькин в своей диссертации [9] исследовал гидродинамику и массопередачу прямоточных клапанно-ситчатых тарелок [8], определил минимальную и максимальную допустимые нагрузки по газу. На основании проведенных экспериментальных исследований разработана методика расчета гидравлического сопротивления конкретных контактных устройств, построены графические зависимости, позволяющие определить величину гидравлического сопротивления при различных нагрузках по газу и жидкости.

Для увеличения КПД тарелок путем исключения застойных зон на боковых сегментах полотна контактного устройства в ОАО «НИПИГазпереработка» С.И. Бойко с соавторами разработана конструкция ситчато-клапанной тарелки [10], в которой на горизонтальном перфорированном полотне этой тарелки установлены клапаны с различной длиной ножек. Ситчато-клапанная тарелка массообменного аппарата [10] содержит

распределительную и переливную планки, приемный и сливной карманы. Причем часть клапанов, расположенных на концах распределительной планки, выполнены развернутыми относительно остальных клапанов в центральную часть полотна тарелки. Также между клапанами установлены направляющие пластины. По мнению разработчиков, данная конструкция тарелки обеспечивает увеличение скорости течения жидкой фазы и создает ее равномерное распределение по всей поверхности тарелки, что увеличивает эффективность работы тарелки.

Проблемой работы массообменных тарелок при больших нагрузках по паровой фазе является унос жидкости с нижерасположенной на вышерасположенную тарелку. В патенте [11] предлагается конструкция клапанной тарелки для массообменных колонн, на полотне которой устанавливается дефлектор, представляющий собой пару проходящих в продольном направлении пластин под углом друг к другу, чтобы жидкая фаза легко стекала по тарелке к переливному устройству.

Профессор А.Б. Голованчиков с сотрудниками Волгоградского государственного технического университета рекомендуют клапанную тарелку [12], в которой опорный элемент выполнен в виде винтовой пружины с закрепленным грузом, состоящим из стержня с гайкой и шайбами. Масса клапана с грузом определяется по формуле

$$M = \left( \frac{2l}{\pi c} \right)^2 \cdot a, \quad (1)$$

где  $M$  – масса клапана с грузом, кг;  
 $l$  – длина винтовой пружины, м;  
 $c$  – скорость звука в газовой (паровой) фазе, м/с;  
 $a$  – жесткость пружины, Н/м.

Такая конструкция клапана позволяет вести процесс массопереноса между пузырьками газа (пара) и неньютоновской жидкостью в режиме резонансных автоколебаний. Резонансные колебания винтовой пружины идут с высокой амплитудой, что приводит к разрушению структуры высоковязкой структурированной неньютоновской жидкости, а эффективная вязкость снижается. Поэтому скорость массообмена на границе поверхности газовых пузырьков с жидкостью значительно возрастает.

Целью изобретения [13], предложенного И.В. Сахаровым, является дальнейшее совершенствование конструкции чешуйчато-клапанной тарелки путем изменения расположения чешуек и клапанов на тарелке без применения дополнительных опорных элементов.

Клапан выполнен с отгибами, и между крышкой клапана и основанием тарелки остается сечение для прохода пара (газа), выходящих из-под клапана струи пара (газа), снижают образование слоя отложений на тарелке. На основании тарелки установлены устройства из жалюзийного полотна, предотвращающие унос жидкости паром (газом) на вышележащую тарелку, что повышает эффективность массообмена за счет создания дополнительной поверхности контакта.

В работе [14] представлена интересная конструкция чешуйчато-клапанной тарелки (рис. 1), включающая карман 1 для жидкости, сливную перегородку 2, основание 3 с отверстиями 4, в которых жестко прикреплены с помощью горизонтальной пластины 6 плоские клапаны 5 к основанию 3, а над каждой прорезью 7 установлена чешуйка 8. Причем плоские клапаны 5, чешуйки 8 и опоры 9 выполнены из упругого материала с возможностью колебаний под действием потока газа (пара), выходящих из отверстий 4 и прорезей 7, что позволяет дробить этот поток на большое число мелких пузырьков, способствуя увеличению производительности.

В рассмотренных выше конструкциях рабочая площадь тарелки используется нерационально, так как значительная её часть занята стандартными сливными и переливными устройствами и, таким образом, исключается из процесса активного массообмена, что в конечном счете влияет на производительность колонны.

В разработанной авторами конструкции массообменной тарелки [15] за счет перенесения гидрозатвора с рабочей площади полотна в межтарельчатое пространство увеличивается производительность колонны на 14%. В статье [16] приведена конструктивная разработка колонного аппарата с массообменными тарелками данного типа.

Проведение исследований по гидродинамике ситчатой тарелки с переливным устройством подвешенного типа показало [17], что такое техническое решение обеспечивает повышенную пропускную способность по жидкости и хорошее газоотделение.

В технической литературе практически отсутствуют сведения о конструкциях массообменных тарелок, предназначенных для разделения растворов, склонных к пенообразованию. В работе [18] разработана конструкция прямоточной массообменной тарелки для процессов разделения газовых (паровых) и жидких сред, состоящая из горизонтального полотна 1 с барботажными элементами 2 (рис. 2), переливного устройства 3, выполненного в виде статического гидрозатвора 4 подвешенного типа обтекаемой формы.

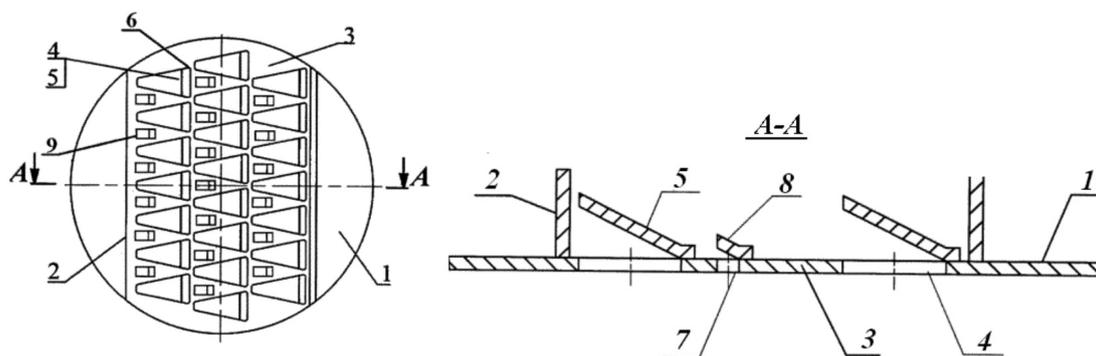


Рис. 1. Чешуйчато-клапанная тарелка [14]: 1 – карман; 2 – сливная перегородка; 3 – основание; 4 – отверстия; 5 – клапаны; 6 – пластины; 7 – прорезы; 8 – чешуйки; 9 – горизонтальная опора

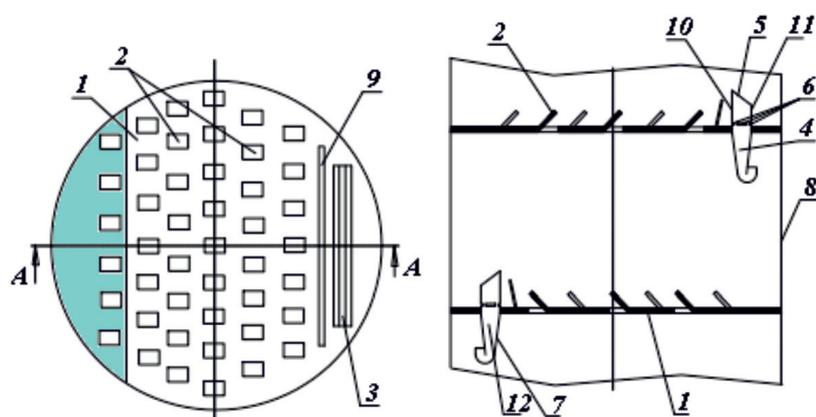


Рис. 2. Массообменная тарелка с переливным устройством [17]: 1 – горизонтальное полотно; 2 – барботажные элементы; 3 – переливное устройство; 4 – статический гидрозатвор; 5 – переливной порог; 6 – отверстия; 7 – передняя стенка; 8 – стенка корпуса колонны; 9 – форпланка; 10 – передняя стенка; 11 – задняя стенка; 12 – боковая стенка

Перед переливным порогом 5 установлена форпланка 9, создающая условия для инерционной сепарации газа и перекрывающая возврат осветленной жидкости в отверстия контактных элементов. Передняя стенка 10 выступающего переливного порога 5 выполнена значительно выше его задней стенки 11, что исключает попадание парожидкостного потока непосредственно в карман переливного устройства, а так как переливное устройство занимает не всю площадь сегментной части тарелки, то создаются совершенно новые условия для перелива жидкости и сепарации газа. Паровой поток из отверстий контактных элементов смешивается с жидким потоком на тарелке и попадает сначала на форпланку, затем ударяется о переднюю стенку переливного устройства, осветленная часть жидкости стекает в сливные отверстия, другая часть обтекает переливное устройство с двух сторон и переливается через заднюю жалюзийную планку.

Паровой поток попадает на стенку колонны, при этом под действием сил тяжести и центробежных сил из парового потока выделяется жидкость и пленкой стекает по стенке, что обеспечивает хорошую сепарацию газа.

### Выводы

На основании анализа развития направления по конструированию контактных устройств массообменных процессов для разделения и переработки сред с различными свойствами можно сделать вывод, что, несмотря на многообразие конструкций массообменных тарелок, они, прежде всего, должны обеспечивать высокую эффективность разделения различных сред при минимальных энергозатратах.

Показано, что при высоких нагрузках по пару и жидкости рекомендуется применять прямоточные тарелки (клапанные, клапанно-ситчатые, струйные, чешуйчатые), даже ценой некоторого снижения эффективности.

В прямоточных тарелках возникают проблемы с сепарацией газа и распределением потоков. В рассмотренных работах часть вопросов решается путем комбинирования типов тарелок, например ситчатых и клапанных, или распределением потоков за счет дополнительной установки контактных элементов. Большой интерес представляют конструкции прямоточных тарелок, в которых гидрозатвор перенесен в межтарельчатое пространство, что позволяет увеличить рабочую площадь тарелок, а также изменить характер потоков на контактном устройстве. В некоторых конструкциях тарелок увеличена высота передней стенки переливного устройства, что исключает заброс парожидкостного потока непосредственно в переливное устройство. Результаты подтверждены экспериментальными исследованиями.

### Список литературы

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. изд. 14-е, стереотип. М.: ООО ИД «Альянс», 2008. 753 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / под ред. Ю.И. Дытнерского. 4-е изд., стер. М.: Альянс, 2008. 494 с.
3. ГОСТ Р 53684-2009. Аппараты колонные. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2011. 15 с.
4. Ясавеев Х.Н., Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Модернизация установок переработки углеводородных смесей. Казань: Изд-во ФЭН, 2004. 307 с.
5. Лаптев А.Г. Модели пограничного слоя и расчет теплообменных процессов. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2007. 500 с.
6. Шибитов Н.С., Шибитова Н.В., Голованчиков А.Б. Моделирование гидродинамических и массообменных процессов и применение современных контактных устройств в колонных аппаратах: монография. Волгоград: ВолгГТУ. 2016. 159 с.
7. Долгова А.Н., Лаптева Е.А. Определение эффективности массообменных тарелок колонных аппаратов с учетом неравномерности распределения фаз // Нефтегазовое дело. 2013. № 6. С. 283–309.
8. Пат. 2276617 Российская Федерация, МПК В 01 D 3/30, В 01 D 3/16. Прямоточная клапанно-ситчатая тарелка для массообменных аппаратов / Вихман А.Г., Щелкунов В.А., Ксенофонтов К.Е.; патентообладатели ЗАО «ПЕТРОХИМ ИНЖИНИРИНГ», Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина. № 2004135058/15; заявл. 01.12.2004 ; опубл.20.05.2006, Бюл. № 14.
9. Ларькин А.В. Исследование гидродинамики и массопередачи на прямоточной клапанной-ситчатой тарелке новой конструкции: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 165 с.
10. П.м. 88981 Российская Федерация, МПК В01D 3/22. Ситчато-клапанная тарелка теплообменного аппарата / Бойко С.И., Тютюник Г.Г., Аджиев А.Ю., Литвиненко А.В., Прусаченко С.Н.; заявитель и патентообладатель ОАО «НИПИГазпереработка». № 2009124561/22; заявл. 26.06.2009; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33.
11. Пат. 2572961 Российская Федерация, МПК В01D 3/20, В01D 3/30. Контактная тарелка для массообменной колонны / Пиллинг М.В., Хирш Ш.Т., Фишер М.Ф.; заявитель и патентообладатель Зульцер Хемтех Аг. № 2012153249/05; заявл. 29.04.2011; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.
12. П.м. 145045 Российская Федерация, МПК В01D 3/22. Клапанная тарелка / Голованчиков А.Б., Дулькина Н.А., Воротнева С.Б., Шишляников В.В., Пудиков И.А., Чёрникова К.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ «Волгоградский государственный технический университет». № 2014116296/05; заявл. 22.04.2014; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25.
13. П.м. 164525 Российская Федерация, МПК В01D 3/22. Модифицированная чешуйчато-клапанная тарелка / Сахаров И.В.; заявитель и патентообладатель Сахаров И.В. № 2015155106/05; заявл. 22.12.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25.
14. П.м. 176701 Российская Федерация, МПК В01D 3/22. Чешуйчато-клапанная тарелка / Голованчиков А.Б., Прохоренко Н.А., Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Черикова К.В., Кинякина Ж.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». № 2017119938; заявл. 06.06.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 3.
15. Пат. 2438748 Российская Федерация, МПК В 01 D3/16. Массообменная тарелка / Шибитов Н.С., Шибитова Н.В.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью ЭкоЦентрИнжиниринг научно-производственная фирма ООО НПФ ЭкоЦентрИнжиниринг. № 2010111613/05; заявл. 25.03.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
16. Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Голованчиков А.Б., Полупан И.В. Новая конструкция массообменной тарелки с переливным устройством подвешенного типа // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 10. С. 18-21.
17. Шибитова Н.В., Марченко П.В., Максименков В.Н. Исследование гидродинамики эффективного переливного устройства подвешенного типа // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10–1. С. 176–177.
18. П.м. 172835 Российская Федерация, МПК В01D 3/16. Прямоточная массообменная тарелка для процессов разделения газовых и жидких сред / Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Голованчиков А.Б., Новиков А.Е.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». № 2017114735; заявл. 26.04.2017; опубл. 27.07.2017, Бюл. № 21.

УДК 69.051:624.13

## ПРОГНОЗНЫЙ РАСЧЕТ ПРИТОЧНО-ОХЛАЖДАЕМЫХ СВАЙ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

<sup>1</sup>Окороков Н.С., <sup>2</sup>Коркишко А.Н.

<sup>1</sup>ООО НПО «ФундаментСтройАкос», Тюмень, e-mail: ok-bk@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: alexandr.korkishko@mail.ru

В данной статье представлен прогнозный расчет приточно-охлаждаемых свай в программном комплексе FROST 3D UNIVERSAL. В строительстве существует большой класс задач, когда необходимо рассчитать температурный режим вечномерзлых грунтов оснований для сооружений и зданий, расположенных в области влияния многих зон с различными теплофизическими и грунтовыми условиями. Прогнозный расчет температур грунтов выполнен для прожекторной мачты с инженерно-геологическими условиями Тагульско-го месторождения. В данной статье описаны типы грунтов, исходные характеристики грунтовых условий, температуры грунтов, как задается расчетная область, принимаемые граничные условия, обозначены ключевые понятия, такие как «термоопоры» и «охлаждаемые сваи». Произведен анализ полученных данных после решения теплофизической задачи программным комплексом. Анализ результатов расчета показал, что несущая способность свай на сжимающие и выдергивающие нагрузки с учетом температурного коэффициента обеспечивается, а мерзлое состояние грунтов сохраняется. В последующие расчетные периоды температура грунта продолжает понижаться, обеспечивая мерзлое состояние грунтов и несущую способность свай на весь период эксплуатации прожекторной мачты. В статье приведены графические рисунки, в которых показано изменение температур с помощью изолиний.

**Ключевые слова:** вечная мерзлота, криолитозона, методы термостабилизации грунтов, охлаждаемая свая, приточно-охлаждаемые сваи, прогнозные расчеты, теплотехнический расчет

## FORECAST CALCULATION OF SUPPLY-COOLED PILES ON THE EARTH FROZEN SOILS

<sup>1</sup>Okorokov N.S., <sup>2</sup>Korkishko A.N.

<sup>1</sup>FundamentStroyArcos, Tyumen, e-mail: ok-bk@mail.ru;

<sup>2</sup>Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: alexandr.korkishko@mail.ru

This article presents a forecast calculation of air-cooled piles in the FROST 3D UNIVERSAL software. In construction, there is a large class of problems when it is necessary to calculate the temperature regime of the permafrost soils of bases for structures and buildings located in the area of influence of many zones with different thermal and soil conditions. The predicted calculation of soil temperatures was performed for the projector mast with the engineering and geological conditions of the Tagul'skoye field. This article describes the types of soils, the initial characteristics of ground conditions, soil temperatures, how the design area is defined, and the boundary conditions that are adopted, as well as key concepts such as «thermo supports» and «cooled piles». The analysis of the received data after the decision of a thermophysical problem by the program complex is made. Analysis of calculation results showed that the load-bearing capacity of piles for compressive and pulling loads, taking into account the temperature coefficient is ensured, and the frozen state of soils is preserved. In subsequent calculation periods, the temperature of the ground continues to decrease, providing a frozen ground condition and the bearing capacity of the piles for the entire period of operation of the projector mast. The article presents graphical drawings showing the temperature changes with isolines.

**Keywords:** permafrost, cryolithozone, methods of soil thermal stabilization, cooled pile, intake-cooled piles, forecast calculations, heat engineering calculation

Охлаждаемые сваи – это вид термоопор, который является одним из вариантов стабилизации температурного режима грунтов оснований, которая происходит из-за переноса температуры наружного воздуха в грунт. Термоопоры – это вид фундаментов (самоохлаждающихся воздушных опорных систем), позволяющий самостоятельно, без дополнительных охлаждающих мероприятий поддерживать температурный режим окружающих вечномерзлых грунтов, применяемый как способ глубинного охлаждения и погружаемый в мерзлый грунт на 15 м и более. Неоспоримым преимуществом является

их долговечность и устойчивость к суровым условиям, а также то, что она может являться термоскважиной для измерения температуры грунтов [1].

Предварительное охлаждение мерзлых оснований рекомендуется в районах со среднегодовой температурой наружного воздуха ниже  $-4^{\circ}\text{C}$ . Предварительное охлаждение оснований позволяет сократить время вмерзания свай и сроки передачи проектных нагрузок. За счёт перевода пластично-мёрзлых грунтов в твёрдо-мёрзлое состояние и понижения температур грунтов может быть достигнуто сокращение общего числа свай и их длины [2, 3].

Цель исследования: посредством прогнозных расчетов грунтов и оснований самоохлаждаемых термоопор в программном комплексе FROST 3D UNIVERSAL показать эффективность термосвай, а также возможные варианты оптимизации систем термостабилизации грунтов и оснований в условиях вечной мерзлоты.

**Материалы и методы исследования**

Методы исследования:

1. Моделирование условий для прогнозного расчёта с учётом имеющихся температур и конструкции свай.

2. Анализ полученных данных о температурах с учетом временного промежутка.

3. Теоретический анализ и обобщение научной литературы по данной теме.

Прогноз был выполнен в расчетном комплексе FROST 3D Universal. Условием прогнозного расчета является то, что в летний период теплообмен между средой и грунтом прекращается и задан нулевым. Данные свай были помещены в условия мерзлых грунтов [4, 5].

Инженерно-геологические условия, принятые для прогнозного расчета, получены в ходе инженерно-геологических изысканий, температуры грунта получены с помощью применения термоизмерительной гирлянды или термокосы [6]. В разрезе по скважине 77УКПГ выделены следующие инженерно-геологические элементы (табл. 1).

Температура грунта принята по скважине 77УКПГ на 5 марта 2015 г. (табл. 2).

**Результаты исследования и их обсуждение**

*Расчетная область*

Прогноз температурного режима грунтов основания выполнен для прожекторной мачты с молниеотводом на площадке УКПГ при условии установки термосвай. Для выполнения прогнозного расчета выбрана расчетная область размерами 30,0×30,0×30,0 м (по осям x, y, z соответственно).

На верхней границе расчетной области задавались граничные условия третьего рода с учетом снежного покрова (в зоне расположения мачты учтено повышенное снегонакопление). На нижней границе расчетной области принята постоянная температура грунта, равная минус 1,3 °С, согласно термометрии по скважине 77УКПГ. На боковых границах расчетной области – граничные условия второго рода, тепловой поток равен нулю.

В расчете принята укладка насыпи после промерзания сезонно оттаявшего слоя грунта на 0,2 м [7, п. 6.5.4].

Величина насыпного грунта, принятая в расчете, равна 5,9 м.

Для понижения температур грунтов основания и обеспечения несущей способности свай на весь период эксплуатации прожекторной мачты предусматривается установка охлаждаемых свай.

**Таблица 1**

Характеристика грунтов

Наименование показателя	Индекс	Ед. измер.	ИГЭ-6г Суглинок	ИГЭ-6м Суглинок	ИГЭ-10д Песок пылеватый
Суммарная влажность	$W_{tot}$	д.ед.	0,642	0,632	0,262
Влажность между ледяных включений	$W_m$	д.ед.	0,213	0,227	0,256
Плотность грунта в сухом состоянии	$\rho_d$	г/см <sup>3</sup>	0,967	1,015	1,47
Степень засоленности	$D_{sal}$	%	0,030	0,030	0,020
Концентрация порового раствора	$C_{ps}$	д.ед.	0,0014	0,0013	0,0008
Температура начала замерзания	$T_{bf}$	°С	-0,27	-0,27	-0,19
Льдистость за счет ледяных включений, т.е. линз и прослоек	$i_i$	д.ед.	0,477	0,467	0,03
Суммарная льдистость	$i_{tot}$	д.ед.	0,552	0,550	0,430

Примечание. ИГЭ-6г – Суглинок льдистый,  $i_i = 0,477$ ; ИГЭ-6м – Суглинок льдистый,  $i_i = 0,467$ ; ИГЭ-10д – Песок пылеватый, льдистый,  $i_{tot} = 0,430$ .

**Таблица 2**

Температура грунта по скважине 77УКПГ

Глубина замера температуры, м	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Температура грунта на 05.03.2015, °С	-18,7	-4,4	-1,4	-0,7	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6
Температура грунта на 05.03.2015, °С	-0,8	-1,1	-1,2	-1	-1,2	-1,2	-1,2	-1,3

В прогнозном расчете учтено локальное тепловое влияние от свай при погружении.

#### Результаты расчёта

Результаты прогнозного расчета представлены в графической форме – на конец зимнего и летних периодов (рис. 1–3) и в табличной форме (табл. 3).

На весь период эксплуатации несущая способность свай на сжатие, с учетом температурного коэффициента  $\gamma_p$  и на действие выдергивающих нагрузок совместно с касательными силами морозного пучения не обеспечивается, вследствие чего в прогнозе учтена работа термосвай.

Согласно результатам прогнозного расчета, после первого зимнего периода работы термосвай температура грунтов основания в зоне расположения мачты понижается (рис. 1) и сохраняется к кон-

цу второго лета (рис. 2). В последующие расчетные периоды наблюдается дальнейшее понижение эквивалентных температур грунта по длине смерзания свай, что свидетельствует о сохранении мерзлого состояния грунтов на весь период эксплуатации мачты.

#### Выводы

Несущая способность свай прожекторной мачты с молниеотводом на сжатие, с учетом температурного коэффициента  $\gamma_p$  и на действие выдергивающих нагрузок совместно с касательными силами морозного пучения не обеспечивается на весь период эксплуатации. Для понижения температур грунтов основания прожекторной мачты и обеспечения несущей способности свай на весь период эксплуатации в прогнозе учтена работа охлаждаемых свай.

Таблица 3

Результаты расчетов

Глубина замера температуры грунтов от отметки поверхности земли (42,50 м)	Температура грунта на начало расчета (15 октября), °С	Температура грунта по свае № 1 на конец летних периодов (1 октября), °С		
		Первый год	Второй год	Третий год
1,00	0,95	2,33	2,13	2,05
2,00	0,89	0,72	0,40	0,28
3,00	-0,84	-0,23	-0,39	-0,49
4,00	0,78	-0,31	-0,55	-0,74
5,00	0,73	-0,46	-0,82	-1,05
6,00	-0,03	-0,85	-1,31	-1,56
7,00	-0,42	-1,35	-1,78	-2,01
8,00	-1,21	-1,60	-1,90	-2,07
9,00	-0,73	-1,51	-1,72	-1,85
10,00	-0,74	-1,43	-1,60	-1,70
11,00	-0,85	-1,38	-1,53	-1,61
12,00	-0,70	-1,35	-1,50	-1,56
13,00	-0,62	-1,33	-1,47	-1,53
14,00	-0,85	-1,31	-1,44	-1,49
15,00	-1,09	-1,28	-1,41	-1,46
16,00	-1,16	-1,26	-1,38	-1,42
17,00	-1,05	-1,24	-1,34	-1,39
18,00	-1,18	-1,22	-1,31	-1,35
19,00	-1,20	-1,21	-1,28	-1,32
20,00	-1,20	-1,20	-1,26	-1,29
Температура грунта под концом свай, ( $T_z$ ), °С	-1,14	-1,26	-1,37	-1,42
Эквивалентная температура по длине смерзания свай, ( $T_e$ ), °С	-0,82	-1,35	-1,56	-1,67
Длина смерзания свай (без учета насыпного грунта), м	9,80	10,30		

Примечание. Расчетный период – три года.

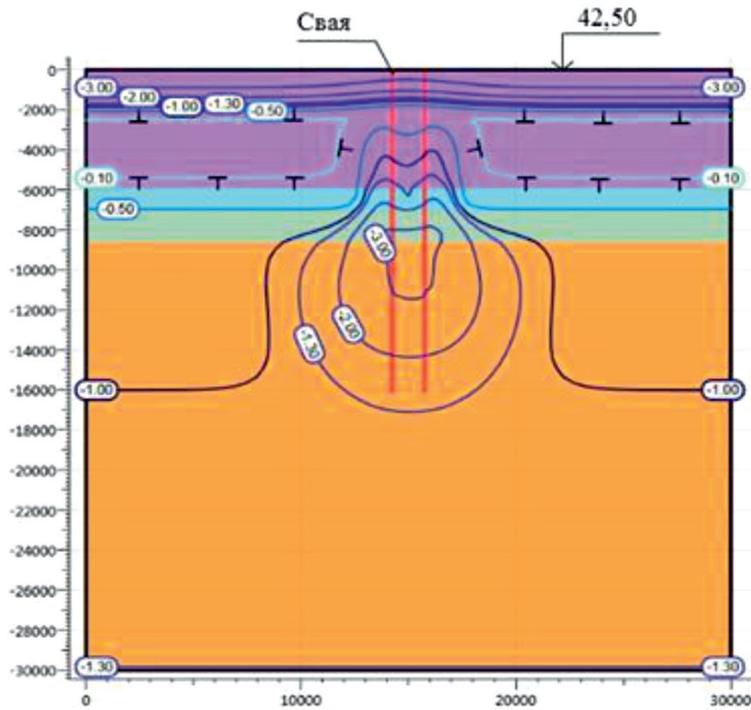


Рис. 1. Температура грунта на конец первой зимы

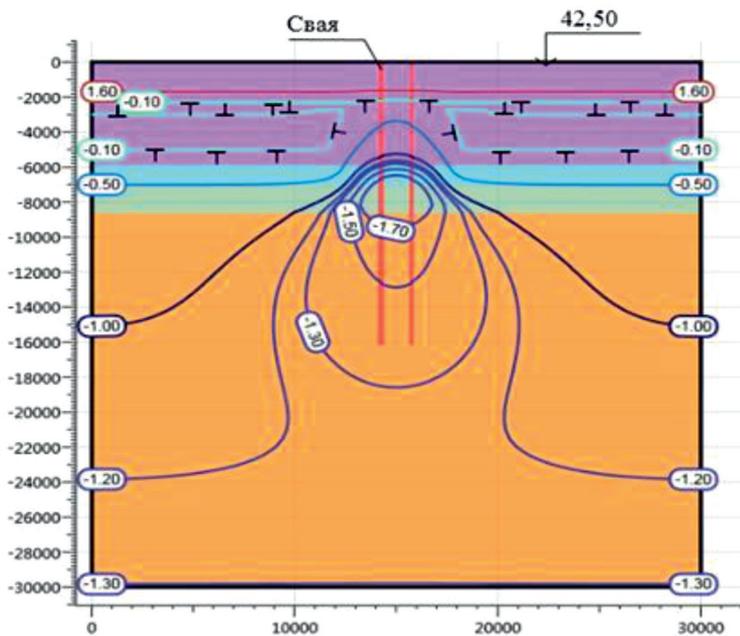


Рис. 2. Температура грунта на конец второго лета

Согласно результатам прогнозного расчета после первого цикла работы термосваи, температуры грунтов основания понижаются, мерзлое состояние грунтов сохраняется

на конец первого летнего периода. Несущая способность свай на сжатие и на выдергивающую нагрузку совместно с касательными силами морозного пучения обеспечивается.

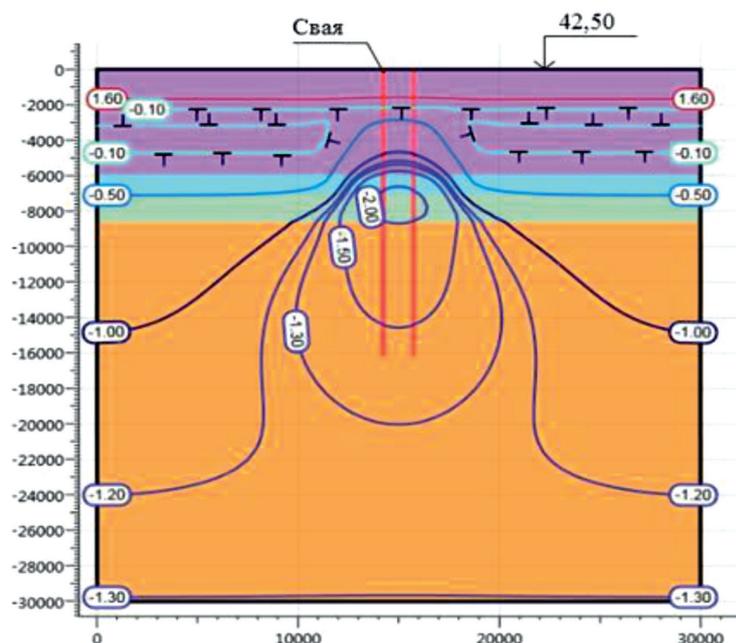


Рис. 3. Температура грунта на конец третьего лета

В последующие расчетные периоды температура грунта продолжает понижаться, обеспечивая мерзлое состояние грунтов и несущую способность свай на весь период эксплуатации прожекторной мачты.

#### Список литературы

1. Пассек В.В., Петров В.И. Термоопоры – эффективный и перспективный вид конструкций на вечной мерзлоте: монография. М.: ЦНИИС, 2009. 104 с.
2. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах. Ленинград: Стройиздат Ленинградское отделение, 1977. 551 с.
3. Набоков А.В., Огороднова Ю.В., Крижановская Т.В., Коркишко О.А., Применение различных видов систем тем-

пературной стабилизации на объектах нефтегазовой отрасли // Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал. 2017 № 2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_116\\_Nikishin\\_N.pdf\\_e95a7d7f58.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_116_Nikishin_N.pdf_e95a7d7f58.pdf) (дата обращения: 15.08.2018).

4. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на вечномёрзлых грунтах / НИИ оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеева Гостроя СССР. М.: Стройиздат, 1980. 303 с.
5. Емельянова Т.Я. Практикум по мёрзлотоведению. Томск: Изд-во Том. политех. унт-та, 2010. 120 с.
6. Крылов Д.А., Мельникова Ю.С. Математическое моделирование распределения температурных полей в криолитозоне. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. С. 94–97.
7. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах // Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2012. 102 с.

УДК 519.711.2:519.715

## МЕТОД БУЛЕВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ В КАЧЕСТВЕННОМ АНАЛИЗЕ ДВОИЧНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А.

*Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН,  
Иркутск, e-mail: apcrol@gmail.com*

Целью исследования является разработка ориентированного на применение суперкомпьютеров логического метода (метода булевых ограничений) и сервис-ориентированной технологии создания и применения компьютерной системы для качественного исследования динамики поведения траекторий автономных двоичных динамических систем на конечном интервале времени. Актуальность темы подтверждается непрерывно возрастающим спектром приложений двоичных моделей в научных и прикладных исследованиях, а также необходимостью качественного анализа таких моделей с большой размерностью вектора состояний. Приведена математическая модель автономной двоичной системы на конечном интервале времени и эквивалентное этой системе булево уравнение. Спецификацию динамического свойства предлагается записывать на языке логики предикатов с использованием ограниченных кванторов существования и всеобщности. Получены булевы уравнения поиска равновесных состояний и циклов двоичной системы и условия их изолированности. Специфицированы основные свойства типа достижимости (достижимость, безопасность, одновременная достижимость, достижимость при фазовых ограничениях, притяжение, связность, тотальная достижимость). Для каждого свойства построена его модель в виде булевого ограничения (булева уравнения или квантифицированной булевой формулы), удовлетворяющая логической спецификации свойства и уравнениям динамики системы. Таким образом, проверка выполнимости разнообразных свойств поведения траекторий автономных двоичных динамических систем на конечном интервале времени сведена к задаче выполнимости булевых ограничений с использованием современных SAT и TQBF решателей. Приведен демонстрационный пример использования этой технологии для проверки выполнимости некоторых из приведенных ранее свойств. В заключении перечислены основные достоинства метода булевых ограничений, особенности его программной реализации в рамках сервис-ориентированного подхода и обозначены направления дальнейшего развития метода для других классов двоичных динамических систем.

**Ключевые слова:** двоичная динамическая система, динамическое свойство, качественный анализ, булевы ограничения, задача булевой выполнимости

## BOOLEAN CONSTRAINTS METHOD IN QUALITATIVE ANALYSIS OF BINARY DYNAMIC SYSTEMS

Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.

*Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: apcrol@gmail.com*

The goal of the study is to develop a supercomputer-oriented logical method (Boolean constraint method) and a service-oriented technology for creating and applying a computer system for qualitative research of trajectories behavior dynamics of autonomous binary dynamic systems on a finite time interval. The relevance of the topic is confirmed by the continuously increasing spectrum of binary models applications in scientific and applied research, as well as the need in the qualitative analysis of such models with the large dimensionality of the state vector. A mathematical model of an autonomous binary system on a finite time interval and a Boolean equation equivalent to this system are given. We offer to write the dynamic property specification in the predicate logic language using the limited existence and universality quantifiers. Boolean equations for searching equilibrium states and cycles of the binary system and the conditions for their isolation are obtained. The main properties of the reachability type (reachability, safety, simultaneous attainability, reachability under phase constraints, attraction, connectivity, total attainability) are specified. For each property, its model is constructed in the form of a Boolean constraint (a Boolean equation or a quantified Boolean formula) that satisfies the logical property specification and the equations of system dynamics. Thus, the verification of the feasibility of various properties of the trajectories behavior of autonomous binary dynamical systems on a finite time interval is reduced to the problem of Boolean satisfiability using modern SAT and TQBF solvers. A demonstration example of using this technology to verify the satisfiability of some of the properties listed above is given. In conclusion, we point out the main Boolean constraints method advantages, features of its implementation based on the service-oriented approach and indicate the directions of the further method development for other classes of binary dynamic systems.

**Keywords:** binary dynamical system, dynamic property, qualitative analysis, Boolean constraints, Boolean satisfiability problem

Спектр приложений двоичных динамических моделей необычайно широк и с каждым годом количество объектов и задач, где требуется их использование, только возрастает. Классическим примером является двоичный синхронный автомат, являющийся моделью многих дискрет-

ных устройств в системах управления, вычислительной технике, телемеханике. К современным приложениям двоичных динамических моделей относятся задачи биоинформатики, экономики, социологии и ряда других, казалось бы далеких от применения двузначных переменных, обла-

стей. В связи с этим в существенной степени повышается актуальность разработки новых и совершенствование существующих методов качественного анализа поведения траекторий двоичных динамических систем (ДДС).

Как известно, целью качественного анализа динамической системы (не только двоичной) является получение положительного или отрицательного ответа на вопрос: Выполняется ли в заданной системе требуемое динамическое свойство? Перефразируем этот вопрос следующим образом: Удовлетворяет ли поведение траекторий динамической системы некоторой совокупности ограничений, характеризующих свойство? Далее будем использовать именно эту трактовку цели качественного анализа динамических свойств системы.

Для ДДС, функционирование которых рассматривается на конечном интервале времени, такие ограничения являются булевыми и записываются на языке булевых уравнений или булевых формул с кванторами. Первый тип ограничений приводит к необходимости решения SAT-задачи (задачи булевой выполнимости [1]); второй тип ограничений связан с решением задачи TQBF (проверки истинности квантифицированных булевых формул [2]). Первая задача является типичным представителем класса сложности NP, а вторая задача — класса сложности PSPACE. Как известно, PSPACE-полнота дискретной задачи дает более сильное свидетельство о ее трудно-решаемости, чем NP-полнота. В силу этого сведение задачи качественного анализа ДДС к SAT-задаче более предпочтительно, чем сведение к задаче TQBF. В общем случае исследование не каждого свойства ДДС можно представить на языке булевых уравнений.

Теоретическая возможность использования булевых ограничений (а именно, булевых уравнений) в качественном анализе ДДС впервые была продемонстрирована в работе [3]. Следует, однако, отметить, что применение этого подхода на практике в то время сдерживалось отсутствием эффективных алгоритмов и программ решения булевых уравнений (особенно с большим числом неизвестных переменных), позволяющих в существенной степени сократить пространство поиска. В последнее десятилетие в результате интенсивных исследований в этой области появилось достаточное количество разнообразных эффективных решателей булевых уравнений (SAT-решателей), использующих современные достижения (новые эвристики, быстрые структуры данных, параллельные

вычисления и др.) в решении задачи булевой выполнимости. Аналогичные процессы (но с некоторым запаздыванием) наблюдаются и в области создания все более эффективных алгоритмов и программ решения задачи TQBF. Таким образом, к настоящему времени имеются все необходимые предпосылки систематического развития метода булевых ограничений в качественном анализе ДДС, его программной реализации и применении в решении научных и прикладных задач.

Кроме метода булевых ограничений, к ДДС применимы и другие методы качественного анализа, к которым относятся дедуктивный анализ, model checking и метод редукции. Каждый из этих методов (включая и метод булевых ограничений) имеет свои ограничения, преимущества и недостатки. Общим недостатком является то, что все методы носят переборный характер и проблема сокращения перебора является фундаментальной для этих методов.

Важность дедуктивного анализа [4], подразумевающего применение аксиом и правил вывода для доказательства правильности функционирования системы, признается широким кругом специалистов, но это трудоемкий и поэтому редко применяемый метод. В методе model checking [5] в качестве языка спецификации требуемого свойства используется язык темпоральных логик, который непривычен для специалистов по автоматной динамике. Метод редукции [6] связан с построением упрощенной (в определенном смысле) модели исходной системы, исследовании ее свойств и условий переносимости этих свойств в исходную сложную систему. Условия переносимости свойств носят при этом только достаточный характер. Простота идеи метода редукции в качественном анализе ДДС сталкивается с проблемой выбора упрощенной системы, удовлетворяющей всем условиям метода.

Практическое использование метода булевых ограничений предполагает алгоритмизацию и автоматизацию следующих процессов:

- 1) разработка ориентированного на специалиста по динамике систем логического языка спецификации динамических свойств;

- 2) построение модели динамического свойства в виде булевого ограничения того или иного типа, удовлетворяющей логической спецификации свойства и уравнениям динамики двоичной системы;

- 3) представление полученной модели в международном формате DIMACS [7] или QDIMACS [8];

4) выбор (разработка) эффективного параллельного (распределенного) решателя задачи выполнимости булевых ограничений (SAT или TQBF решателя);

5) разработка инструментальных средств создания программных сервисов;

6) разработка сервисов для качественного исследования разнообразных динамических свойств ДДС.

Целью настоящего исследования является решение только первых двух задач применительно к алгоритмизации качественных исследований автономных (без управляющих входов) синхронных ДДС. Такие системы в англоязычных публикациях принято называть синхронными булевыми сетями (Boolean network). Другие аспекты применения метода булевых ограничений (в том числе и для ДДС с управляющими входами) являются предметом следующих публикаций.

*Математическая модель автономной ДДС*

Пусть  $X = B^n$  ( $B = \{0, 1\}$  – множество двоичных векторов размерности  $n$  (пространство состояний ДДС)). Через  $t \in T = \{1, \dots, k\}$  обозначим дискретное время (номер такта).

Для каждого состояния  $x^0 \in X$ , называемого начальным состоянием, определим траекторию  $x(t, x^0)$  как конечную последовательность состояний  $x^0, x^1, \dots, x^k$  из множества  $X$ . Далее будем рассматривать ДДС, в которых каждая пара смежных состояний  $x^t, x(t-1)$  ( $t \in T$ ) траектории связана отношением

$$x^t = F(x^{t-1}). \quad (1)$$

Здесь  $F: X \rightarrow X$  – векторная функция алгебры логики, называемая функцией переходов. Таким образом, для любых  $x^0 \in X$  система булевых уравнений (1) представляет модель динамики поведения траекторий ДДС в пространстве состояний  $X$  на конечном интервале времени  $T = \{1, 2, \dots, k\}$ . Здесь и далее величина  $k$  в определении множества  $T$  предполагается наперед заданной постоянной. Такое ограничение является вполне естественным. Дело в том, что при качественном анализе поведения траекторий ДДС практический интерес представляет вопрос о том, что можно сказать о выполнимости какого-либо динамического свойства при фиксированном, не слишком большом  $k$ . Выбор величины  $k$  в каждом конкретном случае осуществляется исходя из априорных сведений о длительности протекания процессов в моделируемой дискретной системе.

Известно [3], что система булевых уравнений (1) с начальным состоянием  $x^0 \in X$  для

$T = \{1, 2, \dots, k\}$  эквивалентна одному булевому уравнению вида

$$\Phi(x^0, x^1, \dots, x^k) = \bigvee_k \bigvee_n^{i=1} (x_i^t \oplus F_i(x^{t-1})) = 0. \quad (2)$$

При  $k = 1$  (рассматриваются только одношаговые переходы) уравнение (2) приобретает вид

$$L(x^0, x^1) = \bigvee_n^{i=1} (x_i^1 \oplus F_i(x^0)) = 0. \quad (3)$$

Решения этого уравнения определяют направленный граф, состоящий из  $2^n$  вершин, отмеченных одним из  $2^n$  состояний множества  $X$ . Вершины  $x^0$  и  $x^1$  графа соединены дугой, направленной от состояния  $x^0$  к состоянию  $x^1$ . Такой граф в теории двоичных автоматов называется диаграммой переходов. Представление поведения ДДС в виде диаграммы переходов весьма наглядно как при построении траекторий, так и исследовании их свойств, но практически реализуемо лишь для небольших размерностей  $n$  вектора состояния  $x \in X$ .

*Языковые средства спецификации динамических свойств*

Наиболее удобно задавать спецификацию динамического свойства на языке формальной логики. Следуя работе [6], обозначим через  $X^0 \in X, X^1 \in X, X^* \in X$  – множества начальных, допустимых и целевых состояний.

Основными синтаксическими элементами логической формулы динамического свойства являются: 1) предметные переменные (компоненты векторов  $x^0, x^1, \dots, x^k$ , время  $t$ ); 2) ограниченные кванторы существования и всеобщности; 3) логические связки  $\vee, \&$ ; заключительные формулы. Заключительная формула представляет утверждение о принадлежности некоторых состояний множества траекторий  $x(t, x^0)$  ( $x^0 \in X^0$ ) оценочным множествам  $X^*$  и  $X^1$ .

Следует отметить, что использование ограниченных кванторов существования и всеобщности обеспечивает привычный для специалиста по динамике вид записи динамического свойства. В процессе построения булевой модели свойства для системы (1) ограниченные кванторы заменяются на обычные согласно следующим определениям:

$$\forall (y : A(y)) B(y) \triangleq \forall y (A(y) \rightarrow B(y)),$$

$$\exists (y : A(y)) B(y) \triangleq \exists y (A(y) \& B(y)),$$

где  $A(y)$  – предикат, ограничивающий значение переменной  $y$ .

В силу конечности области изменения переменной  $t$ , ограниченные кванторы существования и всеобщности по этой переменной заменяются на равносильные формулы, не содержащие кванторов

$$\forall (t : t \in T) A(t) = \bigwedge_k^{t=1} A(t),$$

$$\exists (t : t \in T) A(t) = \bigvee_k^{t=1} A(t).$$

В дальнейшем будем предполагать, что элементы множеств  $X^0, X^1, X^*$  определяются соответственно нулями следующих булевых уравнений

$$G^0(x) = 0, G^1(x) = 0, G^*(x) = 0$$

или характеристическими функциями этих множеств  $\overline{G^0(x)}, \overline{G^1(x)}, \overline{G^*(x)}$ .

С учетом ограничения на начальные состояния  $G^0(x) = 0$  наряду с уравнениями (2, 3) для сокращения записи будем использовать следующие булевы уравнения:

$$\begin{aligned} \Phi^*(x^0, x^1, \dots, x^k) = \\ = \Phi(x^0, x^1, \dots, x^k) \vee G^0(x^0) = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

$$L^*(x^0, x^1) = L(x^0, x^1) \vee G^0(x^0) = 0. \quad (5)$$

#### *Предварительный качественный анализ автономных ДДС*

На этапе предварительного анализа может быть выявлено (при необходимости) ветвление состояния (множество его непосредственных предшественников), наличие равновесных состояний и замкнутых траекторий (циклов).

Состояние  $x^1$  в (3) будем называть последователем состояния  $x^0$ , а  $x^0$  – предшественником состояния  $x^1$ . В автономной ДДС каждое состояние имеет только одного последователя, а число предшественников данного состояния может изменяться от нуля до  $2^n - 1$ . Все непосредственные предшественники  $x^0$  состояния  $s \in X$  являются нулями булева уравнения

$$L(x^0, x^1) \Big|_{x^1=s} = 0. \quad (6)$$

Если уравнение (6) не имеет решений, то предшественники состояния  $s$  отсутствуют.

Равновесные состояния (если они существуют) являются решениями булева уравнения

$$L(x^0, x^1) \Big|_{x^1=x^0} = 0.$$

Траектория  $x^0, x^1, \dots, x^k$  называется циклом длины  $k$ , если состояния  $x^0, x^1, \dots, x^{k-1}$  попарно отличны друг от друга и  $x^k = x^0$ .

Циклическая последовательность длины  $k$  (если она существует) является решением булева уравнения

$$\Phi(x^0, x^1, \dots, x^k) \Big|_{x^k=x^0} \vee R(x^0, x^1, \dots, x^{k-1}) = 0,$$

где  $R(x^0, x^1, \dots, x^{k-1}) = \bigvee_{0 \leq p \leq q \leq k-1} \bigwedge_{i=1}^n y_i^{pq} = 0$

( $y_i^{pq} = (x_i^p \cdot x_i^q \vee \overline{x_i^p \cdot x_i^q})$ ) – условия попарного различия множества состояний  $C$  цикла длины  $k$ . Если ни одно из состояний цикла не имеет предшественников, не принадлежащих множеству  $C$ , то такой цикл называется изолированным. Пусть элементы  $s$  множества  $C$  определяются решением булева уравнения  $G^c(s) = 0$ . Тогда несложно показать, что условие изолированности цикла эквивалентно отсутствию нулей у следующего булева уравнения:

$$G^c(s) \vee L(x^0, x^1) \Big|_{x^1=s} \vee \overline{G^c(x^0)} = 0. \quad (7)$$

Решения уравнения (7) (если они существуют) определяют состояния цикла, имеющие предшественников, не принадлежащих множеству  $C$ .

Так как равновесное состояние является циклом длины  $k = 1$ , то условие его изолированности аналогично условию изолированности с  $k \geq 2$  за тем отличием, что  $G^c(s)$  имеет вид полной дизъюнкции, определяющей это равновесное состояние.

Неизолированные равновесные состояния и циклы в дальнейшем будем называть аттракторами.

#### *Спецификация динамических свойств типа достижимости*

Основным свойством ДДС, необходимость в проверке которого наиболее часто возникает на практике, является традиционно изучаемое в теории графов (в нашем случае таким графом является диаграмма переходов) свойство достижимости и его различные вариации. В [9] достижимость определяется как классическая задача анализа поведения траекторий ДДС.

Определение этого свойства связано с заданием введенных ранее множеств  $X^0, X^*, X^1$  (соответствующих этим множествам булевых уравнений). Предполагается, что для множеств  $X^0, X^*, X^1$  выполняется ограничение

$$(X^0 \cap X^* = \emptyset) \& ((X^0 \cup X^*) \subseteq X^1).$$

В силу конечности множества  $T$  свойство достижимости и его вариации далее будем понимать как свойство практической достижимости (достижимости за конечное число тактов). Рассматриваются следующие свойства типа достижимости:

1. Основное свойство достижимости множества  $X^*$  из множества  $X^0$  формулируется следующим образом: любая траектория, выпущенная из множества начальных состояний  $X^0$ , достигает целевого множества  $X^*$ . С использованием ограниченных кванторов существования и всеобщности, формула этого свойства имеет вид:

$$(\forall x^0 \in X^0)(\exists t \in T)(x(t, x^0) \in X^*).$$

2. Свойство безопасности обеспечивает для любой траектории, выпущенной из  $X^0$ , недостижимость множества  $X^*$ :

$$(\forall x^0 \in X^0)(\forall t \in T)(x(t, x^0) \notin X^*).$$

3. Свойство одновременной достижимости. В ряде случаев может выставляться более «жесткое требование», которое состоит в том, чтобы каждая траектория достигала целевого множества ровно за  $k$  тактов ( $k \in T$ ):

$$(\forall x^0 \in X^0)((x(k, x^0) \in X^*) \& (\forall t \in T : t < k)(x(t, x^0) \notin X^*)).$$

4. Свойство достижимости при фазовых ограничениях:

$$(\forall x^0 \in X^0)(\exists t \in T)((x(t, x^0) \in X^*) \& (\forall t^1 \in T : t^1 < t)(x(t^1, x^0) \in X^1)).$$

Это свойство гарантирует, что все траектории, выпускаемые из множества  $X^0$ , до момента попадания в целевое множество  $X^*$  находятся в множестве  $X^1$ .

5. Свойство притяжения. Пусть  $X^*$  является аттрактором. Тогда логическая формула свойства притяжения совпадает с формулой основного свойства достижимости:

$$(\forall x^0 \in X^0)(\exists t \in T)(x(t, x^0) \in X^*),$$

т.е. для каждой траектории, выпущенной из множества  $X^0$ , существует момент времени  $t \in T$ , начиная с которого траектория не выходит за пределы множества  $X^*$ . Множество  $X^0$  в этом случае принадлежит части области притяжения множества  $X^*$  ( $X^0 \subseteq X^a$ , где  $X^a$  – полная область притяжения (бассейн) аттрактора).

Отметим, что все переменные в приведенных формулах свойств являются фактически связанными, так как траектория  $x^0, x^1, \dots, x^k$  полностью определяется начальным состоянием. Так как кванторы по переменной  $t$  заменяются на операции многоместной дизъюнкции или конъюнкции соответствующих предикатов, в каждой из формул остается единственный ограниченный квантор всеобщности ( $\forall x^0 \in X^0$ ), что позволяет записать условия выполнимости этих свойств на языке булевых уравнений (в виде SAT-задачи).

Приведем два свойства, проверка которых приводит к необходимости решения задачи TQBF.

6. Свойство связности целевого множества:

$$(\exists x^0 \in X^0)(\forall x^* \in X^*)(\exists t \in T)(x(t, x^0) = x^*),$$

т.е. существует начальное состояние  $x^0 \in X^0$  такое, что каждое целевое состояние  $x^* \in X^*$  в некоторый момент  $t \in T$  достижимо, что означает существование соответствующей этому состоянию траектории, такой, что все целевые состояния  $x^* \in X^*$  принадлежат данной траектории.

7. Свойство тотальной достижимости множества  $X^*$  из  $X^0$ :

$$(\forall x^* \in X^*)(\exists x^0 \in X^0)(\exists t \in T)(x(t, x^0) = x^*),$$

т.е. каждое целевое состояние является достижимым из  $X^0$ .

#### *Проверка выполнимости динамических свойств*

Для свойств (1–5) проверка их выполнимости сводится к поиску нулей булева уравнения, технология формирования которого носит стандартизованный характер и подробно рассматривается только для основного свойства достижимости. Свойства (6, 7) приводят к задаче проверки истинности квантифицированной булевой формулы.

1. Основное свойство достижимости. Его логическая формула имеет вид

$$(\forall x^0 \in X^0)(\exists t \in T)(x(t, x^0) \in X^*). \quad (8)$$

С учетом (4) запишем формулу (8) в виде

$$\left(\forall x^0, x^1, \dots, x^k : \overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k)\right) (\exists t \in T) (x(t, x^0) \in X^*), \quad (9)$$

где  $\overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k)$  – характеристическая функция множества состояний траектории, выпущенной из начального состояния  $x^0 \in X^0$ . Избавимся от квантора существования в (9). Тогда будем иметь

$$\left(\forall x^0, x^1, \dots, x^k : \overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k)\right) \left(\bigvee_k^{t=1} \overline{G^*}(x^t)\right),$$

где  $\overline{G^*}(x)$  – характеристическая функция множества  $X^*$ . Заменяем ограниченные кванторы всеобщности на обычные кванторы. В результате получим

$$\forall x^0, x^1, \dots, x^k \left( \overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k) \rightarrow \bigvee_k^{t=1} \overline{G^*}(x^t) \right). \quad (10)$$

Формула (10) истинна тогда и только тогда, когда тождественно истинно подкванторное выражение, т.е.

$$\forall x^0, x^1, \dots, x^k \left( \overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k) \rightarrow \bigvee_k^{t=1} \overline{G^*}(x^t) \right). \quad (11)$$

Тождественная истинность импликации означает, что булева функция  $\bigvee_k^{t=1} \overline{G^*}(x^t)$  является логическим следствием функции  $\overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k)$ , т.е. любая траектория с начальным состоянием  $x^0 \in X^0$  достигает целевого множества  $X^*$ .

Выполнимость тождества (11) эквивалентна отсутствию нулей у булева уравнения

$$\left(G^0(x^0) \vee \phi(x^0, x^1, \dots, x^k)\right) \vee \left(\bigvee_k^{t=1} \overline{G^*}(x^t)\right) = 0. \quad (12)$$

При получении (12) мы избавились от импликации и заменили  $\phi^*(x^0, x^1, \dots, x^k)$  на  $G^0(x^0) \vee \phi(x^0, x^1, \dots, x^k)$ . Если уравнение (12) имеет хотя бы одно решение, то свойство достижимости не имеет места. Такое решение представляет (в определенном смысле) контр-пример для проверяемого свойства и может помочь исследователю выявить причину возникновения ошибки.

Далее для краткости изложения для каждого свойства (2–4) выпишем только уравнение типа (12), предлагая читателю самостоятельно воспроизвести необходимые рассуждения, близкие к тем, которые даны для основного свойства достижимости.

2. Свойство безопасности

$$\phi^*(x^0, x^1, \dots, x^k) \vee \bigwedge_{t=1}^k G^*(x^t) = 0.$$

3. Свойство одновременной достижимости

$$\phi^*(x^0, x^1, \dots, x^k) \vee \overline{G^*}(x^k) \& \bigwedge_{t=1}^{k-1} G^*(x^t) = 0.$$

4. Свойство достижимости при фазовых ограничениях

$$\phi^*(x^0, x^1, \dots, x^k) \vee \bigvee_k^{t=1} \left(\overline{G^*}(x^k) \& \bigwedge_{t=1}^{t-1} \overline{G^1}(x^t)\right) = 0.$$

5. Свойство притяжения. Выполнимость этого свойства проверяется в два этапа. На первом этапе выясняется, является ли множество  $X^*$  аттрактором. Если ответ положительный, то на втором этапе проверяется основное свойство достижимости. Если  $X^*$  достижимо из  $X^0$ , то все условия свойства притяжения выполнены.

6. Свойство связности

$$\left(\exists x^0, x^1, \dots, x^k\right) \left(\forall x^*\right) \left(\overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k) \& \left(G^*(x^*) \vee \left(\bigvee_k^{t=1} x^t = x^*\right)\right)\right).$$

7. Свойство тотальной достижимости

$$\left(\forall x^*\right) \left(\exists x^0, x^1, \dots, x^k\right) \left(G^*(x^*) \vee \overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k) \& \left(\bigvee_k^{t=1} x^t = x^*\right)\right).$$

Для свойств (6, 7) скалярная форма равенства двух булевых векторов  $x^t = x^*$  имеет вид

$$\bigwedge_n^{i=1} (x_i^t \equiv x_i^*).$$

*Пример*

Продемонстрируем изложенную выше технологию качественного анализа автономных ДДС с использованием метода булевых ограничений при проверке выполнимости некоторых из перечисленных выше свойств для модели 3.2 из работы [10]:

$$\begin{aligned} x_1^t &= x_1^{t-1} x_3^{t-1} \vee x_2^{t-1} \\ x_2^t &= \overline{x_1^{t-1}} \vee x_2^{t-1} \vee \overline{x_3^{t-1}} \\ x_3^{t+1} &= x_1^{t-1} \cdot \overline{x_3^{t-1}}. \end{aligned} \tag{13}$$

Обозначим через  $x^0 \in X = B^3$  начальное состояние модели (13). Пусть  $T = \{1, 2\}$ . Выпишем требуемые для спецификации свойств функции одношагового и двухшагового переходов модели (13):

$$\begin{aligned} L(x^0, x^1) &= \overline{x_1^0} \cdot x_1^0 \cdot x_3^0 \vee \overline{x_1^0} \cdot x_2^0 \vee x_1^0 \cdot \overline{x_1^0} \cdot \overline{x_2^0} \vee x_1^0 \cdot \overline{x_3^0} \cdot x_2^0 \vee \overline{x_2^0} \cdot x_1^0 \vee \overline{x_2^0} \cdot x_2^0 \vee \overline{x_2^0} \cdot x_3^0 \vee \\ &\vee x_2^0 \cdot x_1^0 \cdot \overline{x_2^0} \cdot x_3^0 \vee x_3^0 \cdot \overline{x_1^0} \cdot \overline{x_3^0} \vee x_3^0 \cdot x_1^0 \vee x_3^0 \cdot x_3^0; \\ \phi(x^0, x^1, x^2) &= L(x^0, x^1) \vee \\ &\overline{x_1^1} \cdot x_1^1 \cdot x_3^1 \vee \overline{x_1^1} \cdot x_2^1 \vee x_1^1 \cdot \overline{x_1^1} \cdot \overline{x_2^1} \vee x_1^1 \cdot \overline{x_3^1} \cdot x_2^1 \vee \overline{x_2^1} \cdot x_1^1 \vee \overline{x_2^1} \cdot x_2^1 \vee \overline{x_2^1} \cdot x_3^1 \vee \\ &\vee x_2^1 \cdot x_1^1 \cdot \overline{x_2^1} \cdot x_3^1 \vee x_3^1 \cdot \overline{x_1^1} \cdot \overline{x_3^1} \vee x_3^1 \cdot x_1^1 \vee x_3^1 \cdot x_3^1, \end{aligned} \tag{14}$$

где знаком « $\vee$ » обозначена операция конъюнкции.

Для проверки выполнимости каждого свойства задаются начальное ( $X^0$ ) и целевое ( $X^*$ ) множества, определяемые нулями уравнений  $G^0(x) = 0$ ,  $G^*(x) = 0$  или характеристическими функциями этих множеств (см. п. 2). В качестве SAT-решателя используется решатель инструментального комплекса (ИК) РЕБУС [11], а TQBF-решателя – DepQBF [12]. Кодировка переменных в булевых моделях рассматриваемых ниже свойств для этих решателей приведена в табл. 1, булевы модели этих свойств в форматах DIMACS и QDIMACS расположены в табл. 2.

**Таблица 1**

Кодировка переменных

Номер переменной в булевой модели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Свойство 1	$x_1^0$	$x_2^0$	$x_3^0$	$x_1^1$	$x_2^1$	$x_3^1$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$			
Свойство 2	$x_1^0$	$x_2^0$	$x_3^0$	$x_1^1$	$x_2^1$	$x_3^1$						
Свойство 3	$x_1^0$	$x_2^0$	$x_3^0$	$s_1$	$s_2$	$s_3$						
Свойство 4	$x_1^0$	$x_2^0$	$x_3^0$	$x_1^1$	$x_2^1$	$x_3^1$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$			
Свойство 5	$x_1^0$	$x_2^0$	$x_3^0$	$x_1^1$	$x_2^1$	$x_3^1$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	$x_1^*$	$x_2^*$	$x_3^*$

Булевы модели свойств

Свойство 1	Свойство 2	Свойство 3	Свойство 4 (A)	Свойство 4 (B)	Свойство 5
p dnf 9 25	p dnf 6 22	p dnf 6 14	p dnf 9 26	p dnf 9 25	p cnf 12 28
1 0	1 3 -4 0	-4 0	1 2 0	1 2 0	e 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
1 3 -4 0	2 -4 0	-5 0	1 3 0	1 3 -4 0	a 10 11 12 0
2 -4 0	-1 -2 4 0	1 3 -4 0	1 3 -4 0	2 -4 0	-1 0
-1 -2 4 0	-2 -3 4 0	2 -4 0	2 -4 0	-1 -2 4 0	2 0
-2 -3 4 0	-1 -5 0	-1 -2 4 0	-1 -2 4 0	-2 -3 4 0	-3 0
-1 -5 0	2 -5 0	-2 -3 4 0	-2 -3 4 0	-1 -5 0	-1 -3 4 0
2 -5 0	-3 -5 0	-1 -5 0	-1 -5 0	2 -5 0	-2 4 0
-3 -5 0	1 -2 3 5 0	2 -5 0	2 -5 0	-3 -5 0	1 2 -4 0
1 -2 3 5 0	1 -3 -6 0	-3 -5 0	-3 -5 0	1 -2 3 5 0	2 3 -4 0
1 -3 -6 0	-1 6 0	1 -2 3 5 0	1 -2 3 5 0	1 -3 -6 0	1 5 0
-1 6 0	3 6 0	1 -3 -6 0	-1 6 0	-1 6 0	-2 5 0
3 6 0	4 6 -1 0	-1 6 0	3 6 0	3 6 0	3 5 0
4 6 -7 0	5 -1 0	3 6 0	4 6 -7 0	4 6 -7 0	-1 2 -3 -5 0
5 -7 0	-4 -5 1 0	1 2 0	5 -7 0	5 -7 0	-1 3 6 0
-4 -5 7 0	-5 -6 1 0		-4 -5 7 0	-4 -5 7 0	1 -6 0
-5 -6 7 0	-4 -2 0		-5 -6 7 0	-5 -6 7 0	-3 -6 0
-4 -8 0	5 -2 0		-4 -8 0	-4 -8 0	-4 -6 7 0
5 -8 0	-6 -2 0		5 -8 0	5 -8 0	-5 7 0
-6 -8 0	4 -5 6 2 0		-6 -8 0	-6 -8 0	4 5 -7 0
4 -5 6 8 0	4 -6 -3 0		4 -5 6 8 0	4 -5 6 8 0	5 6 -7 0
4 -6 -9 0	-4 3 0		4 -6 -9 0	4 -6 -9 0	4 8 0
-4 9 0	6 3 0		-4 9 0	-4 9 0	-5 8 0
6 9 0			6 9 0	6 9 0	6 8 0
4 0			4 5 0	4 5 0	-4 5 -6 -8 0
7 0			7 8 0	7 8 0	-4 6 9 0
					4 -9 0
					-6 -9 0
					4 -5 -6 7 -8 -9 -10 11 12 0
					-4 5 6 -7 8 9 10 -11 -12 0

1. Основное свойство достижимости ( $k=2$ ). Пусть  $X^0 = \{x \in X: x_1 = 0\}$ ,  $X^* = \{x \in X: x_1 = 1\}$ . Начальное и целевое множества определяются соответственно уравнениями  $G^0(x) = x_1 = 0$  и  $G^*(x) = x_1 = 0$ . Булево уравнение (12) в этом случае приобретает вид

$$x_1^0 \vee \phi(x^0, x^1, x^2) \vee x_1^1 \vee x_1^2 = 0,$$

где функция  $\phi(x^0, x^1, x^2)$  определена в (14). Решатель ИК РЕБУС выдает ответ «unsat»

(уравнение не имеет нулей), таким образом свойство достижимости  $X^*$  из  $X^0$  выполняется, что наглядно видно из следующей диаграммы переходов, приведенной на рисунке.

2. Циклы длины  $k=2$ . Циклическая последовательность длины 2 (если она существует) является решением булева уравнения

$$\phi(x^0, x^1, x^2) \Big|_{x^2=x^0} \vee R(x^0, x^1) = 0.$$

Функция  $\phi(x^0, x^1, x^2) \Big|_{x^2=x^0}$  имеет вид

$$\begin{aligned} & \overline{x_1^1} \cdot x_1^0 \cdot x_3^0 \vee \overline{x_1^1} \cdot x_2^0 \vee x_1^1 \cdot \overline{x_1^0} \cdot \overline{x_2^0} \vee x_1^1 \cdot \overline{x_3^0} \cdot \overline{x_2^0} \vee x_2^1 \cdot x_1^0 \vee x_2^1 \cdot x_2^0 \vee x_2^1 \cdot x_3^0 \vee \\ & \vee x_2^1 \cdot x_1^0 \cdot \overline{x_2^0} \cdot x_3^0 \vee \overline{x_3^1} \cdot x_1^0 \cdot \overline{x_3^0} \vee x_3^1 \cdot x_1^0 \vee x_3^1 \cdot x_3^0 \vee \\ & \overline{x_1^0} \cdot x_1^1 \cdot x_3^1 \vee \overline{x_1^0} \cdot x_2^1 \vee x_1^0 \cdot \overline{x_1^1} \cdot \overline{x_2^1} \vee x_1^0 \cdot \overline{x_3^1} \cdot \overline{x_2^1} \vee x_2^0 \cdot \overline{x_1^1} \vee x_2^0 \cdot x_2^1 \vee x_2^0 \cdot x_3^1 \vee \\ & \vee x_2^0 \cdot x_1^1 \cdot \overline{x_2^1} \cdot x_3^1 \vee \overline{x_3^0} \cdot x_1^1 \cdot \overline{x_3^1} \vee x_3^0 \cdot \overline{x_1^1} \vee x_3^0 \cdot x_3^1 = 0. \end{aligned}$$

Выражение  $R(x^0, x^1)$  при нахождении цикла не включалось в уравнение, так как циклы длины  $k=1$  (равновесные состояния) в модели (13) отсутствуют. С помощью решателя ИК РЕБУС получены два ответа (в выходном формате DIMACS): 1 2 3 4 5 -6 0 и 1 2 -3 4 5 6 0, соответствующие циклическим последовательностям (рисунок):  $\{(1 1 1), (1 1 0)\}$  и  $\{(1 1 0), (1 1 1)\}$ . Множества состояний обоих циклов совпадают, что означает наличие в модели (13) одного цикла длины  $k=2$ .

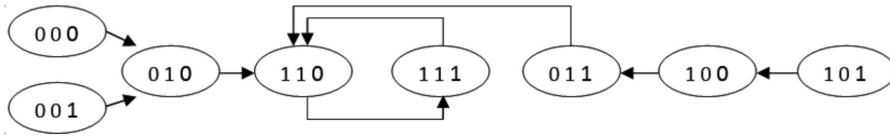


Диаграмма переходов системы (13)

3. Свойство изолированности цикла. Если элементы  $s$  множества состояний  $C$  цикла длины  $k = 2$  определяются решением булева уравнения  $G^c(s) = 0$ , то условие изолированности цикла эквивалентно отсутствию нулей у следующего булева уравнения:

$$G^c(s) \vee L(x^0, x^1) \Big|_{x^1=s} \vee \overline{G^c}(x^0) = 0.$$

Так как  $C = \{(1\ 1\ 1), (1\ 1\ 0)\}$ , имеем

$$G^c(s) = \overline{s_1} \vee \overline{s_2}, \quad \overline{G^c}(x^0) = x_1^0 \cdot x_2^0,$$

$$L(x^0, x^1) \Big|_{x^1=s} = \overline{s_1} \cdot x_1^0 \cdot x_3^0 \vee \overline{s_1} \cdot x_2^0 \vee s_1 \cdot x_1^0 \cdot x_2^0 \vee s_1 \cdot x_3^0 \cdot x_2^0 \vee \overline{s_2} \cdot x_1^0 \vee \overline{s_2} \cdot x_2^0 \vee \overline{s_2} \cdot x_3^0 \vee s_2 \cdot x_1^0 \cdot x_2^0 \cdot x_3^0 \vee s_3 \cdot x_1^0 \cdot x_3^0 \vee s_3 \cdot x_1^0 \vee s_3 \cdot x_3^0.$$

Для этого уравнения решатель ИК РЕБУС находит два решения: -1 2 3 4 5 -6 0 и -1 2 -3 4 5 -6 0 (в двоичном представлении согласно кодировке переменных в табл. 1 это пары состояний (0 1 1), (1 1 0) и {(0 1 0), (1 1 0)}). Таким образом, состояние цикла (1 1 0) имеет два предшественника, (0 1 1) и (0 1 0), не принадлежащих множеству состояний цикла. Это означает, что свойство изолированности цикла не выполняется, т.е. данный цикл является аттрактором.

4. Свойство притяжения. Пусть  $X^* = C$  является аттрактором. Логическая формула свойства притяжения совпадает с формулой основного свойства достижимости

$$(\forall x^0 \in X^0)(\exists t \in T)(x(t, x^0) \in X^*),$$

а соответствующее булево уравнение для нашего случая имеет вид

$$(G^0(x^0) \vee \phi(x^0, x^1, x^2)) \vee \left( \bigvee_2^{t=1} \overline{G^*}(x^t) \right) = 0. \tag{15}$$

Выпишем функции  $G^0(x^0)$ ,  $\phi(x^0, x^1, x^2)$  и  $\overline{G^*}(x^t)$ . Функция  $\phi(x^0, x^1, x^2)$  приведена в (14). Для  $X^* = C$  выражение  $\bigvee_2^{t=1} \overline{G^*}(x^t)$  равно  $x_1^1 \cdot x_2^1 \vee x_1^2 \cdot x_2^2$ . Рассмотрим два варианта задания множества начальных состояний  $X^0$ , для случаев выполнения (А) и невыполнения (В) свойства притяжения за  $k = 2$  тактов.

А. Пусть  $X^0 = \{(000), (001), (010), (011), (100)\}$ . Тогда

$$G^0(x^0) = x_1^0 \cdot x_2^0 \vee x_1^0 \cdot x_3^0.$$

В этом случае для булевого уравнения (15) выдается ответ «unsat». Свойство притяжения для заданного множества  $X^0$  выполняется.

В. Пусть  $X^0 = \{(000), (001), (010), (011), (100), (101)\}$ . Тогда

$$G^0(x^0) = x_1^0 \cdot x_2^0.$$

В этом случае ИК РЕБУС для уравнения (15) находит решение: 1 -2 3 4 -5 -6 -7 8 9 0, которое соответствует траектории {(1 0 1), (1 0 0), (0 1 1)}. Эта траектория с начальным состоянием  $x^0 = (1\ 0\ 1)$  за два такта не достигает множества  $X^* = C$ , что означает невыполнимость свойства притяжения для заданного  $X^0$ .

5. Свойство связности. Логическая формула свойства связности имеет вид следующего высказывания:

$$(\exists x^0, x^1, \dots, x^k) (\forall x^*) \left( \overline{\phi^*}(x^0, x^1, \dots, x^k) \& \left( G^*(x^*) \vee \left( \bigvee_k^{t=1} x^t = x^* \right) \right) \right). \tag{16}$$

Для  $k = 2$   $\phi^*(x^0, x^1, x^2) = G^0(x^0) \vee \phi(x^0, x^1, x^2)$ , где функция  $\phi(x^0, x^1, x^2)$  приведена в (14). В качестве начального выберем состояние (1 0 1). Тогда  $G^0(x^0) = x_1^0 \vee \overline{x_2^0} \vee x_3^0$ . Пусть целевое множество  $X^* = \{(0\ 1\ 1), (1\ 0\ 0)\}$ . В этом случае функция  $G^*(x^*)$  имеет вид

$$G^*(x^*) = (\overline{x_1^*} \vee x_2^* \vee x_3^*) \wedge (x_1^* \vee \overline{x_2^*} \vee \overline{x_3^*}).$$

Запишем  $G^*(x^*)$  в формате КНФ:

$$G^*(x^*) = (x_1^1 \vee \overline{x_2^1} \vee \overline{x_3^1} \vee x_1^2 \vee \overline{x_2^2} \vee \overline{x_3^2} \vee x_1^* \vee x_2^* \vee x_3^*) \wedge (\wedge \overline{x_1^1} \vee x_2^1 \vee x_3^1 \vee \overline{x_1^2} \vee x_2^2 \vee x_3^2 \vee x_1^* \vee \overline{x_2^*} \vee \overline{x_3^*}).$$

Используя закон Де-Моргана, найдем отрицание функции  $\phi^*(x^0, x^1, x^2)$ . Подставив в (16) все полученные функции и с учетом кодировки булевых переменных (табл. 1), получим булеву модель в формате QDIMACS (табл. 2). Решатель DerQBF выдает ответ «sat», что означает истинность высказывания (16). Свойство связности для заданных  $X^0, X^*, T = \{1, 2\}$  выполнено.

### Заключение

К основным достоинствам метода булевых ограничений в качественном исследовании ДДС относятся:

1. Привычный для специалиста по автоматной динамике логический язык спецификации динамического свойства за счет использования ограниченных кванторов существования и всеобщности.

2. По формуле свойства и уравнениям динамики автоматически выполняется построение соответствующего булева уравнения или квантифицированной булевой формулы.

3. Достаточно просто автоматизируется процесс преобразования получаемых булевых выражений в конъюнктивную нормальную форму с дальнейшей генерацией файла в форматах DIMAX и QDIMAX, являющихся входными для SAT-решателей и QBF-решателей.

4. Проблема сокращения перебора в той или иной мере решается разработчиками этих решателей и экранирована от специалистов по качественному анализу ДДС.

5. Обеспечивается возможность решения задачи качественного анализа ДДС для больших размерностей вектора состояния  $n$  на достаточно продолжительном промежутке времени  $T$ . По числу состояний метод булевых ограничений количественно соизмерим с методом model checking. В силу того, что в последние годы наблюдается существенный рост производительности специализированных алгоритмов решения SAT и TQBF-задач, общее количество переменных в булевой модели свойства для со-

временных решателей может измеряться тысячами.

Программное обеспечение процесса качественного анализа ДДС на основе метода булевых ограничений реализуется в рамках сервис-ориентированного подхода [13] с использованием специализированных решателей булевых уравнений [11, 14]. В работе [15] приведен пример реализации метода булевых ограничений на основе сервис-ориентированного подхода для поиска циклов и равновесных состояний в генных регуляторных сетях.

Следует отметить, что метод булевых ограничений является достаточно общим методом качественного анализа ДДС на конечном интервале времени. Он применим не только к автономным системам, но и к системам с управляющими входами, к системам с глубиной памяти больше единицы, к ДДС общего вида, когда функция переходов неразрешима относительно состояния  $x^t$  и имеет вид  $F(x^t, x^{t-1}) = 0$ . Для ДДС со входами особое значение приобретает свойство управляемости и его различные вариации. Кроме задач анализа ДДС метод булевых ограничений применим к задачам синтеза обратной связи (статической или динамической, по состоянию или по входу), обеспечивающих в синтезируемой системе выполнение требуемого динамического свойства.

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 18-07-00596/18.*

### Список литературы

1. Biere A., Ganesh V., Grohe M., Nordström J., Williams R. Theory and Practice of SAT Solving. Dagstuhl Reports. 2015. vol. 5. no. 4. P. 98–122.
2. Marin P., Pulina L., Giunchiglia E., Narizzano M., Tacchella A. Twelve Years of QBF Evaluations: QSAT Is PSPACE-Hard and It Shows. Fundam. Inform. 2016. vol. 149. P. 133–58.
3. Бохман Д., Постхоф Х. Двоичные динамические системы. М.: Энергоатомиздат, 1986. 400 с.
4. Маслов С.Ю. Теория дедуктивных систем и ее применение. М.: Радио и связь, 1986. 133 с.
5. Jhala R., Majumdar R. Software model checking. ACM Computing Surveys. 2009. vol. 41. no. 4. P. 21:1–21:54.

6. Васильев С.Н. Метод редукции и качественный анализ динамических систем. I–II // Известия РАН. Теория и системы управления. 2006. № 1. С. 21–29. № 2. С. 5–17.
7. DIMACS format [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.cs.utexas.edu/users/moore/acl2/manuals/current/manual/index-seo.php/SATLINK\\_\\_\\_DIMACS](http://www.cs.utexas.edu/users/moore/acl2/manuals/current/manual/index-seo.php/SATLINK___DIMACS) (дата обращения: 24.07.2018).
8. QDIMACS standard [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://qbflib.org/qdimacs.html> (дата обращения: 24.07.2018).
9. Delgado-Eckert E., Reger J., Schmidt K. Discrete Time Systems with Event-Based Dynamics: Recent Developments in Analysis and Synthesis Methods. Mario Alberto Jordán (Ed.). Discrete Time Systems. InTech. 2011. P. 447–476.
10. Васильев С.Н. Достижимость и связность в автоматной сети с общим правилом переключения состояний // Дифференциальные уравнения. 2002. Т. 38. № 11. С. 1533–1539.
11. Бычков И.В., Опарин Г.А., Богданова В.Г., Горский С.А., Пашинин А.А. Мультиагентная технология автоматизации параллельного решения булевых уравнений в распределенной вычислительной среде // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. № 3. С. 5–17.
12. Lonsing F., Biere A. DepQBF. A Dependency-Aware QBF solver. Journal on Satisfiability. Boolean Modeling and Computation. 2010. vol. 9. P. 71–76.
13. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A., Gorsky S.A. Distributed Solvers of Applied Problems Based on Microservices and Agent Networks. Proc. Of the 41th Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO-2018). P. 1643–1648.
14. Bogdanova V.G., Gorsky S.A. Scalable Parallel Solver of Boolean Satisfiability Problems. Proc. Of the 41th Intern. Convention on Information and Communication Technology. Electronics and Microelectronics (MIPRO-2018). P. 244–249.
15. Bychkov I.V., Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. The Applied Problems Solving Technology Based on Distributed Computational Subject Domain Model: a Decentralized Approach // Параллельные вычислительные технологии XII международная конференция, ПАВТ'2018, г. Ростов-на-Дону, 2–6 апреля 2018 г. Короткие статьи и описания плакатов. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. С. 34–48.

УДК 612.323:612.352

## ТРИПСИН КАК МОДИФИЦИРУЮЩИЙ ФАКТОР В УТИЛИЗАЦИИ ПЕЧЕНЬЮ ПЕНТАГАСТРИНА

Алейник В.А., Бабич С.М., Жураева М.А., Зулунова И.Б.

*Андижанский государственный медицинский институт, Андижан, e-mail: bsm959@mail.ru*

На 70 крысах в 10 сериях по 7 острых экспериментов в каждой серии изучали изменение утилизации печени короткоцепочного пептида – пентагастрина (Г-5) и длинноцепочного пептида – гастрин-17, а также влияние трипсина на степень утилизации печени пентагастрина по степени изменения секреторной функции желудка. Исследуемые пептиды и трипсин вводили в периферическую и портальную вены крыс. Эффекты сравнивали между собой и с эффектами введения физиологического раствора. Было установлено, что введение трипсина в периферическую вену совместно с пентагастрином вызывало недостоверное увеличение всех учитываемых показателей по отношению к таковым показателям с введением только пентагастрина. В то же время введение трипсина в портальную вену совместно с пентагастрином вызывало достоверное увеличение всех учитываемых показателей по отношению к таковым показателям с введением только пентагастрина. Сделан вывод, что у крыс печень утилизирует короткоцепочный пептид пентагастрин. Трипсин при совместном введении с пентагастрином в портальную вену увеличивает секреторную активность желудка, по сравнению с внутривенным введением только пентагастрина, а также при введении в периферическую вену трипсина совместно с пентагастрином. Это показывает, что трипсин при внутривенном введении, снижая утилизацию пентагастрина в печени, способствует большему содержанию его в периферической крови и большей стимуляции желудочной секреции. Тем самым трипсин через уменьшение утилизации короткоцепочных пептидов в печени участвует в модификации пептидергических механизмов регуляции секреции желудочных желез.

**Ключевые слова:** пентагастрин, гастрин-17, трипсин, секреция желудочных желез, печень, утилизация

## TRIPSIN AS A MODIFYING FACTOR IN THE LIVER'S UTILIZATION OF PENTAGASTRIN

Aleynik V.A., Babich S.M., Zhuraeva M.A., Zulunova I.B.

*Andizhan State Medical Institute, Andizhan, e-mail: bsm959@mail.ru*

In 70 rats in 10 series of 7 acute experiments in each series, the change in liver utilization of the short-chain peptide, pentagastrin (G-5) and long-chain peptide (gastrin-17), and the effect of trypsin on the degree of utilization of pentagastrin by the degree of change in the secretory function of the stomach were studied. The investigated peptides and trypsin were introduced into the peripheral and portal veins of rats. The effects were compared with each other and with the effects of introducing saline. It was found that the introduction of trypsin in the peripheral vein in conjunction with pentagastrin caused an unreliable increase in all the indicators considered relative to those with the introduction of only pentagastrin. At the same time, the administration of trypsin to the portal vein in conjunction with pentagastrin caused a significant increase in all the indicators considered in relation to those with the introduction of only pentagastrin. It was concluded that the liver utilizes a short-chain peptide pentagastrin in rats. Trypsin, when administered together with pentagastrin in the portal vein, increases the secretory activity of the stomach, compared with the intra-portal administration of only pentagastrin, as well as the introduction of trypsin in the peripheral vein in conjunction with pentagastrin. This shows that trypsin with intraportal administration, reducing the utilization of pentagastrin in the liver, contributes to its greater content in the peripheral blood and to a greater stimulation of gastric secretion. Thus, trypsin, through a reduction in the utilization of short-chain peptides in the liver, is involved in the modification of peptidergic mechanisms regulating the secretion of the gastric glands.

**Keywords:** pentagastrin, gastrin-17, trypsin, the secretion of the gastric glands, liver, utilization

Актуальность изучения панкреатических протеаз, инкретируемых пищеварительными железами в кровь, имеет значение в связи с появившимся в последние годы большим количеством работ о рецепторах, активируемых протеазами. Рецепторы расположены на клеточных мембранах различных органов и тканей, через которые может осуществляться усиление или снижение функциональной активности этих органов и тканей организма под влиянием панкреатических протеаз [1, 2].

Высказывается мнение, что панкреатические протеазы в настоящее время не следует рассматривать только с традиционной точки

зрения как пищеварительные ферменты, но дополнительно в качестве сигнальных молекул, которые активно участвуют в спектре физиологических и патологических состояний как желудочно-кишечного тракта, так и других систем организма. Предлагается протеазы в целом теперь рассматривать как гормоны, а формирование в связи с этим новых сигнальных путей как новые механизмы регуляции в физиологических условиях или новые патогенетические звенья в условиях патологии. Так же протеазо-активируемые рецепторы рассматриваются как привлекательный объект для разработки новых лекарственных средств [3].

Ранее в работах нашей лаборатории было показано участие печени в утилизации короткоцепочных пептидных регуляторов (пентагастрина, лейэнкефалина и ХЦК-8), что может рассматриваться как дополнительный модифицирующий фактор в пептидергических механизмах регуляции пищеварительных желез [4]. Так же в нашей лаборатории было установлено, что под влиянием внутривенного введения трипсина увеличивается ферментовыделительная деятельность желудочных желез [5]. Для нас представляло интерес изучение особенностей участия печени в утилизации короткоцепочных и длинноцепочных пептидов, а также участие трипсина в изменении утилизации печенью короткоцепочных пептидов как модифицирующего фактора в механизмах регуляции секреции пищеварительных желез.

Цель исследования: изучить у крыс изменение утилизации печенью короткоцепочного пептида – пентагастрина и длинноцепочного пептида – гастрин-17, а также влияние трипсина на степень утилизации печенью короткоцепочного пептида пентагастрина по степени изменения секреторной функции желудка.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проведены на 70 крысах в 10 сериях, по 7 острых экспериментов в каждой серии. Изучали изменение желудочной секреции, в 1 серии (контрольная) при введении в портальную вену 0,3 мл физиологического раствора, во 2 серии (контрольная) при введении в периферическую вену 0,3 мл физиологического раствора. В 3 серии (опытная) вводили в портальную вену короткоцепочный пептид – пентагастрин (Г-5) 0,1 мкг/кг в 0,3 мл физиологического раствора, в 4 серии (опытная) – в периферическую вену вводили пентагастрин (Г-5) 0,1 мкг/кг в 0,3 мл физиологического раствора. В 5 серии (опытная) вводили в портальную вену длинноцепочный пептид – гастрин (Г-17) в эквивалентной дозе к пентагастрину 0,28 мкг/кг в 0,3 мл физиологического раствора, в 6 серии (опытная) вводили в периферическую вену длинноцепочный пептид – гастрин (Г-17) в эквивалентной дозе к пентагастрину 0,28 мкг/кг в 0,3 мл физиологического раствора. В 7 серии (опытная) вводили в портальную вену трипсин в дозе (300 мкг/кг) в 0,3 мл физиологического раствора, в 8 серии (опытная) вводили в периферическую вену трипсин в дозе (300 мкг/кг) в 0,3 мл физиологического раствора. В 9 серии (опытная) вводили совместно в портальную вену пентагастрин (Г-5) 0,1 мкг/кг и трипсин в дозе (300 мкг/кг) в 0,3 мл физиологического раствора. В 10 серии (опытная) вводили совместно в периферическую вену пентагастрин (Г-5) 0,1 мкг/кг и трипсин в дозе (300 мкг/кг) в 0,3 мл физиологического раствора. Исследование проводили под гексеналовым наркозом: внутривенно вводили 0,3 мл 5%-ного раствора гексенала на 100 г массы тела. Секрецию желудочных желез исследовали методом непрерывной перфузии по Ghosh и Schild [6]. Перфузат желудка собирали 20 мин периодами, в течение

40 мин (два 20-тиминутных периода) до и 40 мин (два 20-тиминутных периода) после введения изучаемого вещества (физ. раствор, пентагастрин, гастрин – 17, трипсин, трипсин + пентагастрин).

В составе желудочного перфузата определяли: выделение протеаз по общей протеолитической активности (ОПА) спектрофотометрическим методом [7], дебит соляной кислоты титрованием перфузата NaOH [8].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты экспериментов на крысах показали, что объем выделяемого желудочного сока под влиянием Г-5, введенного в периферическую вену (в/в), был достоверно выше, чем после введения физиологического раствора (рис. 1, А). При этом под влиянием Г-17, введенного в периферическую вену (в/в), также объем выделяемого желудочного сока был достоверно выше, чем после введения физиологического раствора, и незначительно выше, чем при введении Г-5 (рис. 1, А).

При введении Г-5 внутрипортально отмечалось достоверное увеличение выделения объема желудочного сока, по сравнению с этим показателем при внутрипортальном введении физиологического раствора. В то же время показатели при внутрипортальном введении Г-5 были достоверно ниже, чем таковые значения при введении его в периферическую вену. Внутрипортальное же введение Г-17 вызывало достоверное увеличение объема желудочного сока, по сравнению с внутрипортальным введением, как физиологического раствора, так и Г-5. При этом показатели при внутрипортальном введении Г-17 были незначительно ниже, чем при введении этого пептида в периферическую вену (рис. 1, А).

Показатели ОПА желудочного сока после введения Г-5 в периферическую вену также были достоверно выше, в сравнении с показателями после введения физиологического раствора (рис. 1, Б). При введении пептида Г-17 в периферическую вену показатели ОПА также были достоверно выше, в сравнении с данными после введения физиологического раствора и незначительно ниже, чем после введения Г-5.

Внутрипортальное введение Г-5 вызывало достоверное увеличение выделения ОПА, по сравнению с этим показателем при внутрипортальном введении физиологического раствора. В то же время показатели ОПА при внутрипортальном введении Г-5 были значительно ниже, но не достоверно, чем таковые значения при введении в периферическую вену. Внутрипортальное же введение Г-17 вызывало достоверное увеличение ОПА, по сравнению с внутри-

портальным введением физиологического раствора, и Г-5. При этом показатели при внутривенном введении Г-17 были незначительно ниже, чем при введении этого пептида в периферическую вену (рис. 1, Б).

Показатели общей кислотности желудочного сока имели закономерности, отмеченные по выделению объема желудочного сока и ОПА. После введения в периферическую вену эффекты Г-5 были достоверно выше эффектов физраствора. Также и после введения в периферическую вену эффекты Г-17 были достоверно выше эффектов физраствора, но незначительно ниже таковых после введения Г-5. При внутривенном введении эффекты Г-5 были выше, чем физраствора, однако эти показатели были достоверно ниже, чем после введения его в периферическую вену. В то же время внутривенное введение Г-17 вызвало достоверное увеличение общей кислотности желудочного сока, по сравнению с внутривенным введением физиологического раствора, а также Г-5. При этом показатели при внутривенном введении Г-17 были незначительно ниже, чем при введении этого пептида в периферическую вену (рис. 1, В).

Результаты экспериментов на крысах показали, что объем выделяемого желудоч-

ного сока под влиянием трипсина в периферическую вену (в/в) был не достоверно выше, чем после введения физиологического раствора. А под влиянием трипсина, введенного в портальную вену (в/п), был достоверно выше, чем после введения физиологического раствора (рис. 2, А).

Объем выделяемого желудочного сока под влиянием Г-5, введенного как в периферическую вену, так и портальную вену, был достоверно выше таковых показателей после введения физиологического раствора. При этом показатели под влиянием Г-5, введенного в портальную вену, были достоверно ниже показателей при введении в периферическую вену. В то же время под влиянием совместно трипсина и Г-5 по сравнению с только Г-5, отмечалось недостоверное увеличение показателей при введении в периферическую вену и достоверное увеличение при введении в портальную вену (рис. 2, А).

Показатели ОПА желудочного сока после введения трипсина, как в периферическую вену, так и в портальную вену, были недостоверно выше, чем после введения физиологического раствора, но незначительно выше, чем при введении в периферическую вену.

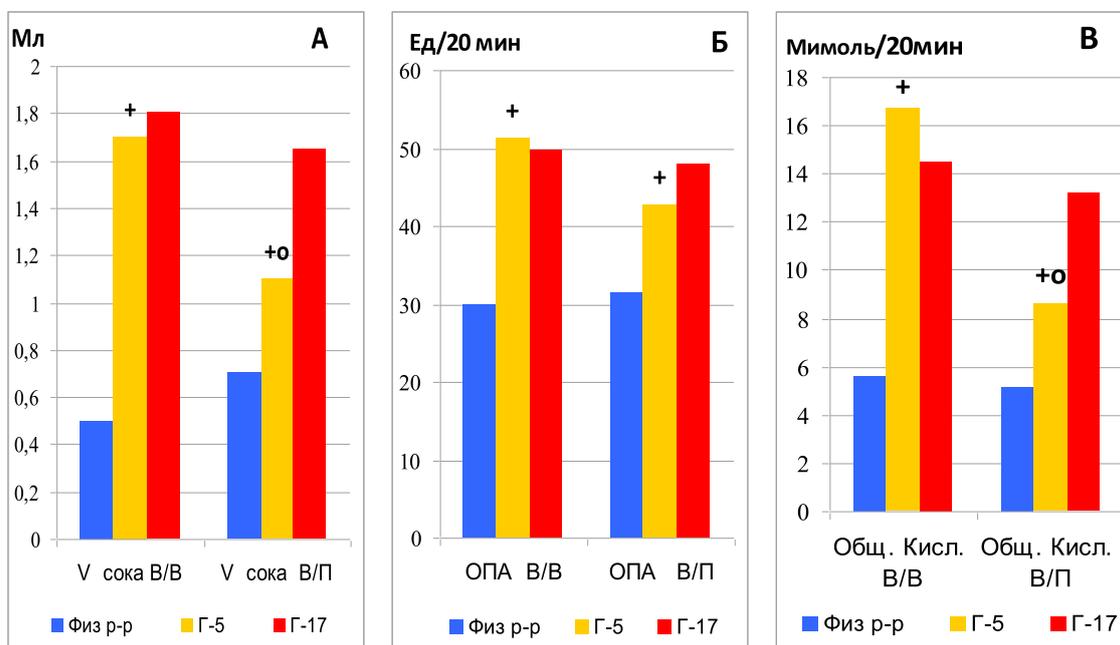


Рис. 1. Изменение показателей желудочной секреции у крыс при введении в периферическую вену (В/В) и в портальную вену (В/П) 0,3 мл физиологического раствора, пентагастрина Г-5 (0,1 мкг/кг) и гастрина Г-17 (0,28 мкг/кг).  
 + – достоверно отличающиеся величины относительно показателей с введением физиологического раствора.  
 о – достоверно отличающиеся величины относительно показателей с введением пентагастрина в периферическую вену

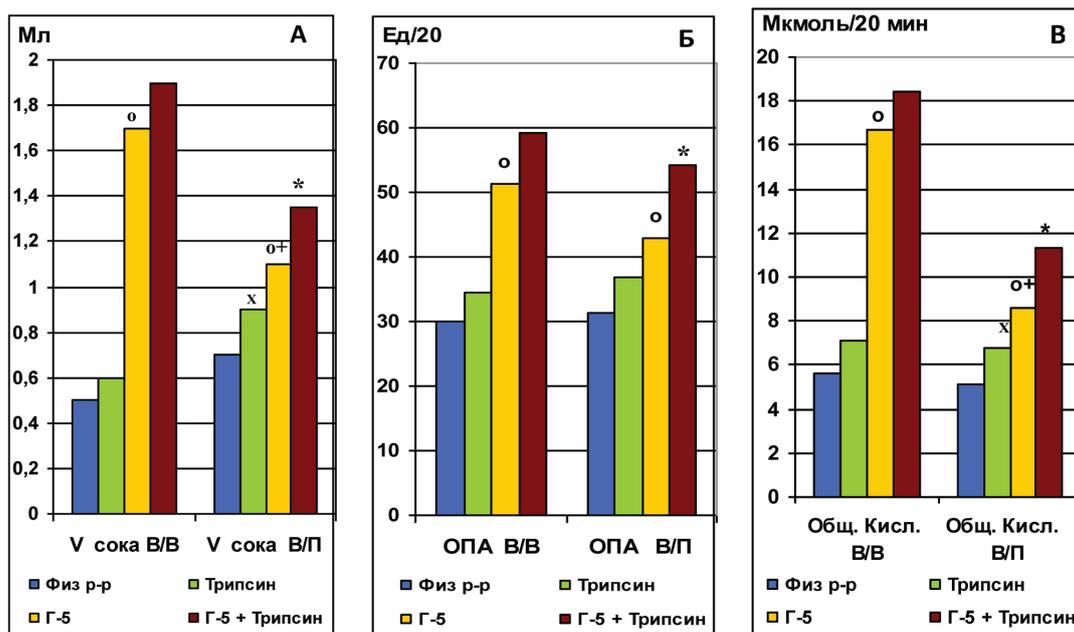


Рис. 2. Изменение показателей желудочной секреции у крыс при введении в периферическую вену (В/В) и в портальную вену (В/П) физиологического раствора, пентагастрина Г-5 (0,1 мкг/кг), трипсина и совместно пентагастрина Г-5 (0,1 мкг/кг) и трипсина.

\* – достоверно отличающиеся величины пентагастрина + трипсина относительно показателей с введением пентагастрина.

o – достоверно отличающиеся величины пентагастрина относительно показателей с введением физиологического раствора.

x – достоверно отличающиеся величины трипсина относительно показателей с введением физиологического раствора.

+ – достоверно отличающиеся величины пентагастрина внутривенно относительно показателей с введением пентагастрина в периферическую вену

Под влиянием Г-5, введенного как в периферическую вену, так и в портальную вену, показатели ОПА были достоверно выше, чем таковые показатели после введения физиологического раствора. При этом показатели под влиянием Г-5, введенного в портальную вену, были недостоверно ниже показателей при введении в периферическую вену. В то же время под влиянием совместно трипсина и Г-5 отмечалось недостоверное увеличение показателей при введении в периферическую вену и достоверное увеличение при введении в портальную вену по сравнению с введением только Г-5 (рис. 2, Б).

Показатели общей кислотности желудочного сока имели закономерности, отмеченные по выделению объема желудочного сока и ОПА. После введения трипсина в периферическую вену (в/в), эти показатели были недостоверно выше, чем после введения физиологического раствора. А под влиянием введения трипсина в портальную вену (в/п) были достоверно выше, чем после введения физиологического раствора.

Под влиянием Г-5, введенного как в периферическую вену, так и в портальную вену, показатели общей кислотности желудочного сока ОПА были достоверно выше, показателей после введения физиологического раствора. При этом показатели под влиянием Г-5, введенного в портальную вену, были недостоверно ниже показателей при введении в периферическую вену. В то же время под влиянием совместно трипсина и Г-5 отмечалось недостоверное увеличение показателей при введении в периферическую вену и достоверное увеличение при введении в портальную вену по сравнению с введением только Г-5 (рис. 2, В).

Представленные данные свидетельствуют, что при прохождении через печень короткоцепочного гастрина (Г-5) происходит значительное снижение секреторных эффектов, что выражается в достоверно низких показателях объема желудочного сока и общей кислотности. Однако отмечается выраженное, но недостоверное снижение показателей ферменто-выделительной деятельности желудка (показатели ОПА). При

прохождении через печень длинноцепочного гастрин-17 происходит несущественное уменьшение секреторных эффектов, что выражается в незначительном снижении показателей объема желудочного сока, ОПА и общей кислотности. Эти данные подтверждают предположение об участии печени в утилизации короткоцепочных пептидов, но не длинноцепочных у крыс. Таким образом, печень участвует в пептидергических механизмах регуляции желудочных желез, хотя этот вопрос требует дополнительного изучения.

Введение трипсина в периферическую вену вызывало недостоверное увеличение всех учитываемых показателей по отношению к таковым показателям с введением физиологического раствора. Тогда как введение трипсина в портальную вену вызывало достоверное увеличение показателей объема желудочного сока и общей кислотности и недостоверное – показателей ОПА по отношению к таковым показателям с введением физиологического раствора.

При этом введение трипсина в периферическую вену совместно с пентагастрином вызывало недостоверное увеличение всех учитываемых показателей по отношению к таковым показателям с введением только пентагастрина. В то же время введение трипсина в портальную вену совместно с пентагастрином вызывало достоверное увеличение всех учитываемых показателей по отношению к таковым показателям с введением только пентагастрина.

### Заключение

У крыс печень утилизирует короткоцепочный пептид пентагастрин. Трипсин при совместном введении с пентагастрином в портальную вену увеличивает секре-

торную активность желудка, по сравнению с внутривенным введением только пентагастрина, а также при введении в периферическую вену трипсина совместно с пентагастрином. Это показывает, что трипсин при внутривенном введении, снижая утилизацию пентагастрина в печени, способствует большему содержанию его в периферической крови и большей стимуляции желудочной секреции. Тем самым трипсин через уменьшение утилизации короткоцепочных пептидов в печени участвует в модификации пептидергических механизмов регуляции секреции желудочных желез.

### Список литературы

1. Kawabata A., Matsunami M., Sekiguchi F. Gastrointestinal roles for proteinase-activated receptors in health and disease. Review. Br. J. Pharmacol. 2008. vol. 153. P. 230–240.
2. Adams M.N., Ramachandran R., Yau M.K., Suen J.Y., Fairlie D.P., Hollenberg M.D., Hooper J.D. Structure, function and pathophysiology of protease activated receptors. Pharmacology & therapeutics. 2011. vol. 130. no 3. P. 248–282.
3. Ramachandran R., Hollenberg M.D. Proteinases and signaling: pathophysiological and therapeutic implications via PARs and more. Br. J. Pharmacol. 2008. vol. 153. P. 263–282.
4. Бабич С.М., Алейник В.А. Изменение желудочной секреции при введении в периферическую и портальную вены пентагастрина и лей-энкефалина // Врач-аспирант. Воронеж, 2010. № 5,2 (42). С. 252–257.
5. Коротко Г.Ф., Алейник В.А., Курзанов А.Н. Трипсиноген как модификатор пептидергических влияний на секрецию желудочных и поджелудочных желез // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 1996. Т. 82. № 8–9. С. 87–95.
6. Фалалеева Т.М. и др. Влияние глипролинов на структурно-функциональное состояние слизистой оболочки желудка и массу тела крыс в условиях длительного введения глутамата натрия // Физика живого. 2010. Т. 18. № 1. С. 154–159.
7. Андреева Ю.В. Влияние голодания и возобновления кормления на секреторную функцию желудка: дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2007. 140 с.
8. Чубин А.Н. Морфофункциональная характеристика слизистой оболочки желудка собак в зависимости от способов лечения язвенной болезни в эксперименте: дис. ... докт. вет. наук. Благовещенск, 2008. 301 с.

УДК 616.31-057:378.6(470.323)

**СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС СОВРЕМЕННОЙ  
СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ НА ПРИМЕРЕ СТУДЕНТОВ  
СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА**

**Зубкова А.А., Бароян М.А.**

*ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, Курск,  
e-mail: zubkova\_aa@mail.ru*

Выполнен анализ данных за 2017 г. по обследованию студентов 1 курса стоматологического факультета КГМУ с оценкой распространенности основных стоматологических заболеваний (кариеса зубов, заболеваний пародонта, поражений слизистой полости рта). По результатам осмотра было выявлено, что несмотря на высокую распространенность кариеса (94%), интенсивность относительно невелика, она составляет всего 17,3%. По структуре КПУ (К – кариозных зубов, П – количество пломбированных зубов, У – количество удаленных или подлежащих удалению зубов) можно сделать вывод о том, что количество кариозных зубов превышает число санированных полостей, а удаленные постоянные зубы встречаются лишь в единичных случаях. Эти данные позволяют сделать вывод о том, что подавляющее большинство студентов нуждаются в санации полости рта. Хороший уровень гигиены полости рта имеют менее 20% обследованных студентов. При этом у юношей неудовлетворительный уровень гигиены полости рта встречается в 1,4 раза чаще, чем у девушек. Отсутствие профилактических мероприятий у студентов ведет к постоянному увеличению интенсивности кариеса зубов и заболеваний пародонта, а также к выраженному ухудшению гигиены полости рта, что выводит вопрос разработки методов профилактики основных стоматологических заболеваний у студентов на первый план.

**Ключевые слова:** студенты, стоматологическая заболеваемость, гигиена полости рта, методы профилактики

**THE DENTAL STATUS OF MODERN STUDENT'S YOUTH ON THE EXAMPLE  
OF STUDENTS OF DENTAL FACULTY**

**Zubkova A.A., Baroyan M.A.**

*Kursk State Medical University, e-mail: zubkova\_aa@mail.ru*

The analysis of the students of 1 course of dental faculty of KGMU given for 2017 on inspection with assessment of prevalence of the main dental diseases (caries of teeth, diseases of the parodont, damages of a mucous oral cavity) is made. By results of survey it has been revealed that Despite high prevalence of caries (94%), the intensity is rather small, she makes only 17,3%. On structure of the KPU it is possible to draw a conclusion that the number of carious teeth exceeds number of the sanified cavities, and the extracted second teeth meet only in isolated cases. These data allow to draw a conclusion that the vast majority of students need sanitation of an oral cavity. Less than 20% of the examined students have the good level of hygiene of an oral cavity. At the same time the unsatisfactory level of hygiene of an oral cavity meets at young men by 1,4 times more often than at girls. The lack of preventive actions at students leads to continuous increase in intensity of caries of teeth and diseases of the parodont and also to the expressed deterioration in hygiene of an oral cavity that does a question of development of methods of prevention of the main dental diseases at students into the forefront.

**Keywords:** students, dental incidence, hygiene of an oral cavity, prevention methods

Студенты – это особая группа людей обычно в возрастном диапазоне от 17 до 27 лет, проходящих стадию социального развития, получающих образовательные, профессиональные, культурные, социальные основы. Образование бесспорно значимо, поскольку в этот момент происходит период формирования студентов как личности к выполнению профессиональной и социальной ответственности в сфере материального и духовного производства, формируются ценностные представления и социальная ориентированность. Студенчество – полноценная, продвинутая, самостоятельная совокупность молодых людей, активно действующая в системе высшего образования, они являются будущей основой нашей страны [1, 2].

Для обучения в высших учебных заведениях студентам приходится прикладывать большие усилия как умственные, так и физические. Для первокурсников начало обучения в вузе сопровождается серьезным стрессом [3, 4].

Это связано со сменой жизненного уклада, зачастую с переездом в другой город, а значит, сменой климата и состава воды; возросшей умственной активностью; изменением режима дня; способностью студента к коммуникации. Комплекс этих причин приводит к тому, что у первокурсников чаще встречаются обострения хронических заболеваний, диагностируются острые респираторные вирусные заболевания, а также изменения в обмене веществ. Возможны нарушения содержания сульфат-

тов и карбонатов калия, натрия, кальция и магния, которые участвуют в солевом обмене. Перечисленные компоненты оказывают воздействие на весь организм студента в целом и на челюстно-лицевую область в частности [5, 6].

Без применения должных профилактических программ среди молодежи стремительно возрастает распространенность и интенсивность кариеса. На фоне некачественной гигиены полости рта (несоблюдение режима чистки зубов, использование неправильных средств индивидуальной гигиены, применение неправильных методик чистки зубов) возникает стойкое неудовлетворительное состояние уровня гигиены полости рта у студентов, и в свою очередь провоцируются заболевания пародонта в столь юном возрасте [7].

Поддержание здоровья студентов – одна из первоочередных задач нашего общества. Реализовать ее можно только путем тщательного анализа заболеваемости студентов и на основе этого разработки и применения программ всех необходимых видов профилактики [4, 6–8].

Первичная стоматологическая профилактика – комплекс мероприятий, при которых используются разнообразные методики и препараты, предназначенные для предупреждения возникновения стоматологических заболеваний, устранения этиологического фактора, увеличения резистентности всего организма к негативному влиянию факторов внешней среды (экологическая обстановка в районе проживания, профессиональные и бытовые вредности). При своевременном проведении первичных профилактических мероприятий заболевания на ранних стадиях могут перейти в стойкую ремиссию. Для стоматологической патологии примером может послужить кариес в стадии пятна [9].

К методам первичной профилактики относятся:

– индивидуальная гигиена полости рта – основной компонент – гигиена полости рта, включающая в себя регулярную чистку зубов при помощи паст и щетки, удаляя мягкий зубной налет, также способствуя такому физиологическому процессу, как созревание эмали. Зубные пасты, в состав которых входят активные компоненты, обогащают ткани зуба и пародонта микроэлементами, кальцием, солями фосфатов, витаминами, тем самым повышают их устойчивость к вредным воздействиям. Во время чистки зубов щеткой производится массаж десен, что приводит к улучшению кровообращения в тканях пародонта [10];

– профессиональная гигиена полости рта – направлена на устранение и предупреждение развития кариеса зубов и заболеваний пародонта путем механического и ультразвукового удаления с поверхностей зубов над- и поддесневых зубных отложений.

Говоря о первичной стоматологической профилактике необходимо помнить о пероральном приеме необходимых макро- и микроэлементов, таких как кальций, фтор и т.д., желателен в виде хелатов, что значительно увеличивает процент усвоения этих веществ.

Вторичная стоматологическая профилактика – мероприятия, которые нацелены на раннее диагностирование стоматологических проблем, препятствие обострений, предотвращение осложнений. Весь этот комплекс – составной компонент программы реабилитации.

Бесспорно, важнейшей представляется плановая профилактическая санация полости рта, направленная на лечение зубов и других органов полости рта, для предотвращения возникновения осложнений. Санитарными считаются больные, у которых пролечены все пораженные кариесом зубы, заменены некачественные реставрации (вторичный кариес под пломбой, нарушение краевого прилегания пломбы и так далее), по показаниям проведено качественное эндодонтическое лечение корневых каналов зубов (из-за осложненного кариеса, таких как пульпит и периодонтит). А также проведено специальное хирургическое лечение: удаление корней зубов, подвижных зубов, различные виды кюретажа при заболеваниях пародонта, то есть обязательное устранение всех очагов хронической инфекции. А также начато ортопедическое или ортодонтическое лечение по показаниям.

О результативности вторичной профилактики можно судить по длительности ремиссий и количеству обострений наблюдаемого заболевания.

Третичная стоматологическая профилактика – мероприятия, направленные на реабилитацию статуса стоматологического больного для сохранения анатомических и функциональных возможностей тканей и органов челюстно-лицевой области, предусматривающее использование лечебных средств, необходимых для ее замещения, приводящее их состояние к физиологической норме.

Цель исследования: изучение стоматологического статуса и разработка методов профилактики основных стоматологических заболеваний у студентов I курса стоматологического факультета Курского государственного медицинского университета.

### Материалы и методы исследования

На базе поликлиники Курского государственного медицинского университета в 2017 г. было проведено обследование 81 студента 1 курса стоматологического факультета КГМУ. Средний возраст студентов 18,63 года, в том числе юношей (18,67), девушек (18,59) года. Обследование будет проводиться ежегодно в течение 5 лет.

Для реализации исследования была разработана карта обследования студента, включающая в себя данные о студенте, жалобы, анамнез болезни, КПУ, интенсивность кариеса, распространенность кариеса, некариозные поражения, индекс гигиены Грин-Вермильона, распространенность заболеваний пародонта, ВНЧС (височно-нижнечелюстной сустав) и слизистой оболочки полости рта.

Была разработана анкета для уточнения гигиенических навыков, характера питания, социальной адаптации, общесоматической патологии, вредных привычек и так далее.

### Результаты исследования и их обсуждение

При обследовании жалобы предъявляли 17,3% обследованных студентов. Самой распространенной являлась гиперестезия (7,4%), реже встречались боли при прорезывании третьих моляров (4,9%), боли ВНЧС (2,5%) и наличие корней с разрушенной коронкой (2,5%).

По результатам осмотра было выявлено, что среди 81 осмотренного студента интактная полость рта только у 5 человек, что составляет 6% от общего числа обследованных. Несмотря на высокую распространенность кариеса (94%), интенсивность относительно невелика, она составляет всего 17,3%.

По структуре КПУ можно сделать вывод о том, что количество кариозных зубов ( $K = 5,25$ ) превышает число санированных полостей ( $\Pi = 3,85$ ), а удаленные постоянные зубы встречаются лишь в единичных случаях ( $У = 0,05$ ). Эти данные позволяют сделать вывод о том, что подавляющее большинство студентов нуждаются в санации полости рта. Многим пациентам, в силу молодого возраста, было рекомендовано провести герметизацию фиссур (особенно при каплеобразных и полипообразных). В некоторых случаях, при возникновении фиссурного кариеса, планировалось лечение с использо-

ванием «силиконового ключа». Способы его изготовления разнообразны: из прозрачного силикона, из С-силиконового оттискового материала, например «Speedex» (только основная масса, без коррегирующей), а также с помощью жидкого коффердама «OpalDam» или жидкого (текучего) композита «Latelux» через фум-ленту. Все эти материалы помогут воспроизвести первозданную форму зуба после лечения при фиссурном кариесе.

При лечении осложнений кариеса, например при остром очаговом пульпите рекомендуется лечение биологическим методом с использованием препаратов, обладающих хорошими одонтотропными свойствами, «Биодентин». Но при данном методе лечения обязательно учитывается общесоматическое состояние пациента и индекс КПУ.

Также при обследовании выявлены некариозные поражения (13,65%), такие, как гиперестезия (7,4%), клиновидный дефект (2,5%), патологическая стираемость, флюороз, гипоплазия эмали (по 1,25%); заболевания слизистой оболочки полости рта (6,1%); заболевания пародонта (2,5%); заболевания ВНЧС (2,5%).

Результаты анализа индекса гигиены по Грин-Вермильону у обследованных представлены в таблице.

Хороший уровень гигиены полости рта имеют менее 20% обследованных студентов. При этом у юношей неудовлетворительный уровень гигиены полости рта встречается в 1,4 раза чаще, чем у девушек. Показатель гигиены полости рта ИГР-У составил 1,29, что указывает на удовлетворительный уровень гигиенических навыков.

По результатам проведенного анкетирования было выявлено, что 94% студентов регулярно проводят чистку полости рта, пользуются дополнительными средствами гигиены и внимательно подходят к выбору зубной щетки и зубной пасты, 6% опрошенных студентов не проводят регулярную чистку полости рта и не пользуются дополнительными средствами гигиены. 25% студентов предпочитают в своем рационе питания высокоуглеводные продукты, сладкую пищу и мягкие фрукты, но 75% отдают предпочтение твердой и низкоуглеводной пище.

Результаты анализа индекса гигиены по Грин-Вермильону у студентов

Уровень гигиены полости рта	Юноши		Девушки		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Хороший	4	11,7	11	23,4	15	18,5
Удовлетворительный	15	44,1	23	48,9	38	46,9
Неудовлетворительный	10	29,4	7	14,8	17	20,9
Плохой	5	14,7	6	12,7	11	13,5
Всего	34	100	47	100	81	100

38% опрошенных, утверждают, что обращаются к стоматологу 2 раза в год с профилактической целью, 62% посещают стоматолога только при возникновении жалоб.

Большинство студентов отрицает наличие хронических заболеваний (94%) и лишь у 6% выявлено: 2,5% – язва желудка, 1% – хронический тонзиллит, 2,5% – сердечная недостаточность. Причем именно у пациентов с заболеваниями желудочно-кишечного тракта отмечались заболевания пародонта и неудовлетворительное состояние гигиены полости рта, что подтверждает взаимосвязь общесоматической патологии и стоматологической заболеваемости. Пациентам с сердечно-сосудистыми заболеваниями делали отметку в карте о применении анестетика без вазоконстриктора и в разведении исключительно 1:200000.

37,5% не имеют вредных привычек, занимаются спортом и оценивают свое психоэмоциональное состояние как спокойное, 49% подтверждают нестабильное психоэмоциональное состояние, занимаются спортом и не имеют вредных привычек и 12,5% находятся в постоянном стрессе, имеют вредные привычки и не занимаются спортом.

Всем обследованным проводили коррекцию выявленных факторов риска стоматологических заболеваний для адекватного поддержания здоровья полости рта. Студентам с низким уровнем гигиены полости рта проводили контролируемую чистку зубов с витальным окрашиванием таблетками «Эритрозин», после предварительного обучения методикам чистки зубов. Наиболее часто рекомендовался метод Басса. Демонстрацию проводили на фантоме с использованием зубной щетки, под контролем времени (рекомендованная продолжительность чистки зубов – 3 минуты), также отрабатывались мануальные навыки по пользованию зубной нитью. Давались рекомендации по выбору продуктов для индивидуальной гигиены полости рта.

Конечно важна и профессиональная гигиена полости рта каждые 6 месяцев с использованием ультразвукового наконечника и аппарата Air-flow с последующей полировкой с помощью щетки и пасты. Только при тщательно отполированных зубах адгезия зубной бляшки будет минимальной.

### **Заключение**

По результатам проведенного обследования можно сделать вывод о том, что подавляющее большинство студентов нуждаются в санации полости рта. Хороший уровень гигиены полости рта имеют менее 20% обследованных студентов.

Анкетирование выявило несоблюдение гигиены полости рта, преобладание мягкой углеводистой пищи в рационе питания и нерегулярного посещения врача-стоматолога у многих студентов. При проведении первичного обследования студентам раздавались специально разработанные буклеты: один с правилами индивидуальной гигиены полости рта, а второй с особенностями правильного питания, необходимого для поддержания стоматологического здоровья.

Для минимизации воздействия факторов риска рекомендованы коррекция диеты, организации учебы и досуга, ликвидация вредных привычек и закладывание здорового образа жизни. Для увеличения интереса к вопросам стоматологического здоровья и пониманию механизмов воздействия разнообразных факторов на здоровье полости рта была организована конференция у обследуемых первокурсников, которая была приурочена к празднованию Всероссийского дня стоматологического здоровья (20 марта). На данном мероприятии обсуждались стандартные правила по уходу за всей полостью рта, начиная от регулярности стоматологических осмотров, заканчивая уходом за всей ротовой полостью.

Сами обследованные первокурсники подготовили доклады с мультимедийным сопровождением по разнообразным стоматологическим профилактическим мероприятиям:

- необходимость профессиональной гигиены полости рта;
- воздействие различных вредных привычек;
- нюансы грамотного ухода за полостью рта.

Поднимать показатель информированности людей и увеличивать осознанность к сохранению здоровья – важнейшая миссия наших дней.

Необходимо информировать общественность о взаимоотношении стоматологического здоровья с общим физическим состоянием, привлечь внимание к вопросам соблюдения правил гигиены, а также профилактики распространенных стоматологических заболеваний.

Таким образом, для коррекции стоматологической заболеваемости необходимо повысить гигиенические знания и навыки студентов КГМУ в виде контролируемой чистки зубов; подбором средств индивидуальной гигиены; санации полости рта в виде пломбирования, герметизации фиссур, противовоспалительной терапии; профессиональной гигиены полости рта и регулярным посещением стоматолога для контроля состояния полости рта.

Все эти мероприятия должны приводить к статистически значимому снижению уровня стоматологической патологии у студентов даже в условиях повышенных нагрузок.

#### Список литературы

1. Зубкова А.А., Фелькер Е.В., Бароян М.А., Винокур А.В. Особенности воспитательного процесса при обучении студентов-медиков // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26271> (дата обращения: 24.07.2018).
2. Ячменева Л.А., Зубкова А.А. Социально-личностное развитие студентов медицинского вуза, как педагогическое явление // Образовательный процесс: поиск эффективных форм и механизмов. 2017. С. 245–249.
3. Винокур А.В., Долгина И.И., Зубкова А.А., Мисник Ю.В. Симуляционные технологии в формировании практических навыков врачей-стоматологов в системе последилового образования // Непрерывное медицинское и фармацевтическое образование в 21 веке: возможности, проблемы и перспективы. 2017. С. 12–15.
4. Даурова Ф.Ю., Кича Д.И., Цакоева А.А., Хабадзе З.С. Состояние полости рта и профилактика стоматологических заболеваний у студентов-иностранцев // Стоматология детского возраста и профилактика. 2008. Т. 7. № 1. С. 59–61.
5. Корнеева Н.М. Эффективность профилактических мероприятий у студентов с патологией твердых тканей зубов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Волгоград, 2014. 25 с.
6. Михальченко Д.В., Михальченко А.В., Корнеева Н.М. Проблемы мотивации студентов к профилактике стоматологических заболеваний // Фундаментальные исследования. 2014. № 7–1. С. 129–132.
7. Михайлова М.А., Лунева Н.А., Маслак Е.Е., Дервянченко С.П. Мотивированный подход и отношение к здоровому образу жизни студентов с целью повышения уровня санитарной культуры в области стоматологии и улучшению состояния полости рта // Здоровье и образование в XXI веке: научные труды VI Международной научно-практической конференции (Москва, 08–10 декабря 2005 г.). М.: Изд-во РУДН, 2005. С. 342–352.
8. Давыдов Б.Н., Гаврилова О.А., Шевлякова М.А. Распространенность и интенсивность стоматологических заболеваний у студентов-иностранцев в период их обучения в России // Стоматология. 2011. № 1. С. 22–24.
9. Нагайцева Е.А. Гигиена полости рта как профилактика стоматологических заболеваний // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 2. <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=15409> (дата обращения: 17.08.2018).
10. Калуцкая Н.С. Индивидуальная гигиена полости рта как метод профилактики заболеваний пародонта // Здоровоохранение Югры: опыт и инновации. 2015. № 3. С. 13–18.

УДК 615.1:616-039:004.9

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБНОСТИ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВАХ ДЛЯ БОЛЬНЫХ ОРФАННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Косякова Н.В.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, e-mail: kosyakova.mz@mail.ru

Эффективность и качество лекарственного обеспечения больных орфанными заболеваниями имеют свои особенности, так как для патогенетической и симптоматической терапии используется ограниченное количество дорогостоящих лекарственных препаратов и специализированных продуктов питания, лекарственные средства отпускаются пациентам за счет бюджета субъекта и обеспечение больных осуществляется пожизненно. Лекарственные препараты для терапии орфанных заболеваний с точки зрения определения потребности относятся к группе «препаратов специфического действия», так как применяются для лечения одного заболевания. Процесс определения потребности связан с объединением большого количества информации для принятия управленческого решения по вопросам закупки лекарственных препаратов для больных орфанными заболеваниями. С целью автоматизации процесса по определению потребности и формированию заявки в лекарственных препаратах, используемых для лекарственного обеспечения больных орфанными заболеваниями, предложена модель программного продукта по определению потребности и формированию заявки в лекарственных препаратах для больных орфанными заболеваниями. Разработанный электронный программный продукт включает 5 программных модулей: нормативно-справочная информация, персонализированные данные пациента, алгоритмы расчета потребности в соответствии с группами лекарственных препаратов по способам расчета суточных доз и курсового лечения, процесс формирования заявки на лекарственные препараты и блок аналитической информации, позволяющий провести сравнительный анализ потребления. При этом возможна оптимизация формирования набора дозировок лекарственных препаратов одного торгового наименования, исходя из наименьшей стоимости набора препаратов, или из наименьшего количества разных дозировок, входящих в набор в соответствии с дозировками и стоимостью. Программа прошла апробацию при формировании заявки в лекарственных препаратах для больных орфанными заболеваниями в Ростовской области.

**Ключевые слова:** программный продукт, методический подход, определение потребности, орфанные заболевания, лекарственные препараты

## DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL BASES FOR ELECTRONIC SOFTWARE PRODUCT, BY DEFINITION, NEEDS FOR MEDICINES FOR PATIENTS WITH ORPHAN DISEASES

Kosyakova N.V.

Federal State in Rostov State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation, Rostov-on-Don, e-mail: kosyakova.mz@mail.ru

Efficiency and quality of drug supply patients with orphan diseases has its own features, so as to symptomatic therapy and pathogenetic used a limited number of expensive drugs and specialized food stuffs, medicines sold to patients by the budget entity and ensuring patients is carried out for life. Medicinal preparations for the treatment of orphan diseases in terms of defining requirements belong to the Group of «specific action» drugs as prescribed to treat one disease. The process of determining the needs associated with the integration of large amounts of information to make management decisions on procurement of drugs for patients with orphan diseases. To automate the process to determine needs and building applications in drugs used for medicines to the patients with orphan diseases, a model of a software product, by definition, needs and building applications in drugs for patients with orphan diseases. Developed by the electronic software product includes 5 software modules: normative-reference information, personalized patient data, calculation algorithms in accordance with the needs of the groups of medicinal products on how to calculate daily doses and a course of treatment, the process of forming applications for drugs and analytical information block allows you to undertake a comparative analysis of consumption. It is possible to optimize the formation of dosages of drugs set single trade name, based on the lowest cost set of drugs, or the smallest number of different dosages included in accordance with the dosages and the cost of the program has been tested in the formation of application in drugs for patients with orphan diseases in the Rostov region.

**Keywords:** software product, methodical approach, the definition of needs, orphan diseases, medicines

Понятие «редкие (орфанные) заболевания» на государственном уровне введено Федеральным законом от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об охране здоровья граждан». Редкими (орфанными) заболеваниями яв-

ляются заболевания, которые имеют распространенность не более 10 случаев заболевания на 100 тысяч населения [1]. В настоящее время сформирована система организации оказания медицинской помощи

и обеспечения лекарственными средствами пациентов с редкими заболеваниями, утвержден перечень нозологических форм заболеваний, имеющих государственную поддержку, проведен персонифицированный учет лиц с утвержденным диагнозом. В перечень вошли 24 жизнеугрожающих и хронических прогрессирующих редких заболеваний, способных привести к сокращению продолжительности жизни или инвалидности, утверждены 28 стандартов оказания помощи больным с редкими заболеваниями [2]. Лица с установленным диагнозом орфанного заболевания и включенные в территориальный сегмент обеспечиваются лекарственными препаратами и специализированными продуктами питания за счет средств регионального бюджета.

Главная цель политики государства в отношении пациентов с орфанными заболеваниями состоит в предоставлении медицинской и лекарственной помощи, повышении качества жизни, обеспечении доступности современных высокоэффективных лекарственных препаратов и продуктов специализированного питания. Доступность лекарственных препаратов и специализированного питания для больных орфанными заболеваниями является важнейшим условием не только для улучшения качества, но и сохранения жизни пациента. Эффективность и качество лекарственного обеспечения больных орфанными заболеваниями имеет свои особенности, так как для патогенетической и симптоматической терапии используется ограниченное количество дорогостоящих лекарственных препаратов и специализированных продуктов питания, лекарственные средства отпускаются пациентам за счет бюджета субъекта, и обеспечение больных осуществляется пожизненно.

Повышение доступности лекарственных препаратов для больных орфанными заболеваниями и рациональное использование финансовых средств регионального бюджета, выделенных на лекарственное обеспечение, основано на наличии лекарственных препаратов в достаточном количестве и ассортименте.

Лекарственные препараты для терапии орфанных заболеваний с точки зрения определения потребности относятся к группе «препаратов специфического действия», так как применяются для лечения одного заболевания. В основу методического подхода определения потребности в лекарственных средствах положена классическая формула метода [3], учитывающая расход препарата для каждого больного на курс лечения, количество курсов и количество больных.

С учетом особенностей использования лекарственных препаратов для орфанных заболеваний, процесс определения потребности связан с сочетанием множества факторов при расчете потребности и принятии управленческого решения по вопросам закупки лекарственных препаратов.

В связи с этим целью данного исследования явилась разработка методических основ для электронного программного продукта по определению потребности в лекарственных средствах для больных орфанными заболеваниями.

### **Материалы и методы исследования**

В основу разработанного программного продукта положена методика определения потребности в лекарственных препаратах для больных орфанными заболеваниями, учитывающая индивидуальные особенности введения, а также система информационных, нормативно-справочных материалов, которые хранятся на едином сервере, доступность к которому осуществляется непосредственно по сети.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Численность больных орфанными заболеваниями, персонифицированные данные о характере заболевания и назначении лекарственных препаратов учтены в каждом субъекте, по каждому пациенту. В результате анализа номенклатуры лекарственных препаратов, используемых для терапии орфанных заболеваний, выделены 4 группы в зависимости от частоты расчета суточных доз, массы тела, дозировки первичного введения и поддерживающей терапии, а также дозировки при купировании приступов [4]. С целью автоматизации процесса по определению потребности и формированию заявки в лекарственных препаратах, используемых для лекарственного обеспечения больных орфанными заболеваниями, разработан электронный программный продукт.

В комплексе имеются сформированные административные инструменты позволяющие эффективно управлять пользователями системы и их правами. При разработке программного продукта учтены требования к ограничению доступа к информации. Врачи, вносящие сведения о пациентах, могут владеть и работать только с данными пациентов по своему профилю, вносить информацию о назначении лекарственных препаратов, дозировке, особенностях использования, а также нежелательных явлениях при терапии данным препаратом [5, 6]. Разработанный электронный программный продукт включает несколько программных модулей (рис. 1).



Рис. 1. Содержание основных разделов программного продукта

Раздел 1 – Нормативно-справочная информация – предназначен для ввода, хранения и использования материалов, позволяющая обеспечить систему лекарственного назначения в рамках законодательства. Здесь находятся структурированные базы данных:

- справочники о лекарственных препаратах (МНН, ТН, сгруппированные по действующему веществу, лекарственным формам, формам выпуска и первичной упаковке),
- реестр медицинских организаций, участвующих в организации медицинской помощи и лекарственного обеспечения,
- реестр врачей, участвующих в организации медицинской помощи и лекарственного обеспечения и имеющих право на выписывание рецептов для льготного отпуска, работать в системе имеют право только врачи, включенные в справочник,
- перечень нозологических форм орфанных заболеваний в соответствии с МКБ 10;
- реестр аптечных организаций, отпускающих лекарственные препараты для больных орфанными заболеваниями.

Раздел 2 – «Карточка пациента», раздел ввода первичной информации, позволяет занести данные персонифицированного учета о пациентах, информация вводится специалистом медицинской организации по профилю орфанного заболевания. На экране компьютера врач заполняет пустые поля для ввода информации: отражается ФИО паци-

ента, пол, паспортные данные, СНИЛС, дата рождения, адрес места жительства, диагноз, рост и вес пациента, серия и номер полиса обязательного медицинского страхования и наименование страховой медицинской организации, его выдавшей, назначенный лекарственный препарат, его дозировка [7]. В этой же карточке отражаются сведения об отпуске лекарственных препаратов для медицинского применения для лечения заболевания, включенного в перечень, по необходимости все нежелательные реакции на введение препарата, а также отсутствие терапевтического эффекта (рис. 2).

На основании данных введенной информации о пациенте, лекарственном препарате, программа автоматически определяет потребность пациента в лекарственном препарате. Это составляет содержание раздела 3. В программе заложены алгоритмы расчета потребности в соответствии с группами лекарственных препаратов по способам расчета суточных доз и курсового лечения, сформированных на основе анализа способов применения, особых условий введения, описанных в инструкциях по применению.

После определения потребности по каждому пациенту программа формирует потребность по лекарственному препарату с учетом МНН, торговых наименований и форм выпуска, затем формируется заявка – раздел 4. При этом возможна оптими-

зация формирования набора дозировок лекарственных препаратов одного торгового наименования, исходя из наименьшей стоимости набора препаратов, или из наименьшего количества разных дозировок, входящих в набор в соответствии с дозировками и стоимостью.

При расчете заявки и формировании аналитической информации, раздел 5, расчетное количество препарата округляется до целого количества упаковок, порядок

округления заложен в системе. Получившийся в результате округления излишек препарата будет учтен при расчете следующей заявки для данного пациента (рис. 3).

Разработанный программный продукт не имеет ограничений по количеству пациентов, периоду отслеживания потребности пациента в препаратах или количеству заявок. Накапливаемые данные по времени могут быть использованы для дальнейших клинико-статистических исследований.

Карточка пациента		Сохранить		Отмена изменений		Закрыть	
СНИЛС	000-000-000 01						
Дата рождения	02.02.1992						
Пол	Ж						
Дата открытия карточки							
Дата закрытия							
Диагноз	E70.1 Другие виды гиперфенилаланиемии						
Вес	58 кг.						
Рост	158 см.						
<b>Назначения:</b>							
						+ Добавить	
МНН	Лекарственная форма	Разовая потребность	Ед. изм.	Дата начала	Дата окончания		
САПРОПТЕРИН	табл. дисперг.	580 500	мг			Сохранить Отмена	

Рис. 2. Карточка пациента

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ											
Список препаратов										Список пациентов	
Справочники										Просмотр заявок ЛПУ	
Управление заявками										Пользователи	
Наименование препарата по МНН: ЛПУ											
Период заявки: 2018 год   Номер заявки: 5 период с 01.01.2018 по 31.12.2018   Очистить фильтр   Обновить											
Наименование препарата по МНН	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май						
МЕТОТРЕКАТ р-р д/ин. 10мг/мл фл. 1мл №1	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4
МЕТОТРЕКАТ р-р д/ин. 10мг/мл фл. 2мл №1	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4
МИГЛУСТАТ капсул. 100мг №84	2,21	2,21	2	2	2,21	2,21	2,14	2,14	2,21	2,21	2
НИТИЗИНОН капсул. 10мг №60	4,13	4,13	3,73	3,73	4,13	4,13	4	4	4,13	4,13	4
ПЕНИЦИЛЛАМИН табл. покр. пл. об. 250мг №100	1,24	1,24	1,12	1,12	1,24	1,24	1,2	1,2	1,24	1,24	1
РИОЦИГУАТ табл. покр. пл. об. 1мг №42	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РИОЦИГУАТ табл. покр. пл. об. 1мг №84	0,61	0,61	1	1	1,11	1,11	1,07	1,07	1,11	1,11	1
РОМИПЛОСТИМ пор. д/р-ра д/н/к фл. 250мкг №1	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4
САПРОПТЕРИН табл. дисперг. 100мг №120	2,61	2,61	3,03	3,03	3,36	3,36	3,25	3,25	3,36	3,36	3
САПРОПТЕРИН табл. дисперг. 100мг №30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Пример заявки на лекарственные препараты, используемые для терапии больных орфанными заболеваниями



Рис. 4. Модель программного продукта по определению потребности и формированию заявки в лекарственных препаратах для больных орфанными заболеваниями

Программа по определению потребности в лекарственных препаратах для больных орфанными заболеваниями реализована в виде web-приложения и не связана с локальным расположением рабочего места врача. Доступ к работе с программой имеют врачи, внесенные в реестр врачей для работы с больными орфанными заболеваниями, а также специалисты органов управления здравоохранением и обеспечения лекарственными средствами субъекта.

На рис. 4 представлена модель программного продукта по определению потребности и составлению заявки в лекарственных препаратах для больных орфанными заболеваниями.

Разработанный программный продукт прошел апробацию при формировании заявки в лекарственных препаратах для

больных орфанными заболеваниями в Ростовской области. Программа позволяет повысить точность прогнозирования потребности в лекарственных препаратах для больных орфанными заболеваниями, что способствует оптимизации использования бюджетных средств на закупку необходимых препаратов. Кроме того, накапливаемая информация о лекарственных препаратах, используемых в терапии орфанных больных, сведения о нежелательных реакциях, данные по количественным характеристикам потребления препаратов могут служить базой для дальнейших научных разработок.

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования на основе предложенных методических подходов разработан электрон-

ный программный продукт по определению потребности в лекарственных средствах для больных орфанными заболеваниями. Авторское участие в разработке программы заключалось в постановке цели, логики и задач программного комплекса, проработке концепции и архитектуры заявки по орфанным заболеваниям, формировании алгоритма решения выделенных задач, разработке и обобщении алгоритмов расчетов потребности в лекарственных препаратах, концептуальной проработке пользовательского интерфейса комплекса, определении технологии формирования заявки с помощью программного комплекса, определении объема, содержания, управления базами данных, которые составили основу СУБД (систему управления базами данных) и используемых в программном комплексе, определении прав доступа к информации участников формирования заявки.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW;n=131658;req=doc#0> (дата обращения: 15.08.2018).
2. Руководители Департаментов Минздрава России приняли участие в круглом столе, посвященном проблеме орфанных заболеваний. URL: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2014/02/27/1740-rukovoditeli-departamentov-minzdrava-rossii-prinyali-uchastie-v-kruglom-stole-povsyaschennom-probleme-orfannyh-zabolevaniy> (дата обращения: 15.08.2018).
3. Прогнозирование потребности в отдельных группах лекарственных препаратов. URL: [https://medic.news/management-marketing\\_780/prognozirovanie-potrebnosti-otdelnyih-gruppah-26752.html](https://medic.news/management-marketing_780/prognozirovanie-potrebnosti-otdelnyih-gruppah-26752.html) (дата обращения: 15.08.2018).
4. Косякова Н.В., Полинская Т.А., Гаврилина Н.И. Характеристика основных лекарственных препаратов и специализированных продуктов лечебного питания для терапии пациентов с редкими заболеваниями // Вестник Росздравнадзора. 2017. № 2. С. 62–67.
5. Программные продукты и их основные характеристики. Основные понятия программного обеспечения. URL: <https://studfiles.net/preview/2208811> (дата обращения: 15.08.2018).
6. Химонин Юрий Сбор и анализ требований к программному продукту Версия 1.03. 2009. С. 51. URL: [https://pmi.ru/profes/Software\\_Requirements\\_Khimonin.pdf](https://pmi.ru/profes/Software_Requirements_Khimonin.pdf) (дата обращения: 15.08.2018).
7. О порядке ведения Федерального регистра лиц, страдающих жизнеугрожающими и хроническими прогрессирующими редкими (орфанными) заболеваниями, приводящими к сокращению продолжительности жизни граждан или их инвалидности, и его регионального сегмента // Постановление Правительства РФ от 26.04.2012 г. № 403. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70068888/> (дата обращения: 15.08.2018).

УДК 616.441-006-091

## КОМПЛЕКСНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ДИФФУЗНОМ ТОКСИЧЕСКОМ ЗОБЕ

**Курбонов С., Гулов М.К., Давлатов И.А.**

*ГОУ ВПО «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» Минздрава Социальной защиты населения Таджикистана, Душанбе, e-mail: info@tajmedun.tj*

Проведен комплексный анализ патоморфологических, морфометрических и гистотопографических структурных перестроек сосудистых, тканевых образований щитовидной железы (ЩЖ) при диффузном токсическом зобе (ДТЗ). Методами анатомического препарирования, гистологических срезов и морфометрических параметров изучено комплексное изменение структуры ЩЖ у 22 больных второго периода зрелого возраста обоего пола, в возрасте от 36 до 60 лет с ДТЗ, оперированных в отделении общей хирургии ГКБ № 5 им. академика К.Т. Таджикива. Для определения функционального состояния ЩЖ по морфологическим признакам использовали индекс Брауна, в основе которого лежит зависимость между диаметром фолликулов и высотой тиреоидного эпителия. Полученная совокупность комплекса патоморфологических данных при ДТЗ свидетельствует о степени морфологических изменений как со стороны сосудистой системы в виде различных гемодинамических нарушений, так и со стороны паренхимы гиперпластических процессов (гиперплазия тиреоидного эпителия, активация фолликулов генеза, которые характеризуются образованием сосочковых выростов в просвете фолликулов, лимфоидной клеточной инфильтрации, а также перестройкой микротопографических взаимоотношений фолликулов с окружающими структурами). Полученные данные о динамике индекса накопления коллоида (показатель Брауна) показывают, что параметры компонентов фолликул ниже нормы. Это говорит о повышенной функциональной активности органа, приводящей к серьезным нарушениям функции ЩЖ при ДТЗ.

**Ключевые слова:** щитовидная железа, диффузный токсический зоб, фолликулы, морфометрия, патоморфология

## COMPLEX CHANGE OF THYROID GLAND STRUCTURE AT DIFFUSE TOXIC GOITER

**Kurbonov S., Gulov M.K., Davlatov I.A.**

*Avicenna Tajik State Medical University Ministry of health and social protection of the republic of Tajikistan, Dushanbe, e-mail: info@tajmedun.tj*

The complex analysis pathomorphologic, morphometric and histotopographic vascular restructurings, tissue formations of thyroid gland (TG) are carried out at the diffuse toxic goiter (DTG). By the methods of anatomic preparation, histologic and morphometric sections are studied complex changes of structure of TG at 22 patients of the second period of mature age of both sexes aged from 36 till 60 years with DTG, operated in the general surgery department of CCH № 5 named after academician K.T. Tadzhiev. For definition of a functional condition of TG on morphological features are used a Brown's index of which based on dependence between diameter of follicles and height of a thyroid epithelium. The received set of complex pathomorphologic findings at DTG testifies to degree of morphological changes as from vascular system in the form of various hemodynamic disturbance, from a parenchyma of hyper plastic processes (a hyperplasia of a thyroid epithelium, activation of follicles of genesis which is characterized by formation of papillary outgrowths in a follicles lumen, a lymphoid cellular infiltration, and also microtopographical reformation of follicles relationship with surrounding structures). The obtained finding on dynamics of an accumulation index of a colloid (Brown's indicator) shows that parameters of components a follicle are lower than norms. It speaks about the increased functional activity of an organ, bringing to serious violation of the TG function at DTG.

**Keywords:** thyroid gland, diffuse toxic goiter, follicles, morphometry, pathomorphology

Вызывает интерес исследование ДТЗ, который является генетическим аутоиммунным заболеванием, так как это сложная многофакторная нозологическая форма приводит к серьезным нарушениям в системе иммунологического статуса, обусловленным повышенной секрецией ЩЖ, гормонов тироксина и трийодтиронина и приводящим к изменениям сердечно-сосудистой, нервной систем, а также к перерождению этого в рак ЩЖ. В последние годы отмечен рост частоты рака ЩЖ на фоне ДТЗ, особенно у пациентов старше 40 лет [1, 2].

До настоящего времени одним из радикальных и часто употребляемых методов

лечения заболеваний ЩЖ в частности при ДТЗ, остается хирургический, а именно субтотальная тиреоидэктомия [3–6].

Из-за роста патологии ЩЖ в Республике Таджикистан этому вопросу наши ученые уделяют довольно серьезное внимание [7, 8].

Успешное разрешение проблемы ДТЗ немалослимо без выяснения ряда вопросов, относящихся к патоморфологическим процессам, происходящим в ЩЖ при ДТЗ, для выявления нозологических состояний.

Цель исследования: оценка морфометрических параметров фолликулов и патоморфологических перестроек структурных

сосудисто-тканевых образований ЩЖ при ДТЗ на основании комплексного морфологического анализа.

### Материалы и методы исследования

Методами морфологических и гистологических срезов изучены макро- и микроскопические структурные особенности ЩЖ у 22 больных второго периода зрелого возраста обоего пола (от 36 до 60 лет) с ДТЗ, оперированных в отделении общей хирургии ГКБ № 5 им. академика К.Т. Таджиева. Из общего количества пациентов с ДТЗ мужчин было 4 (18,2%), женщин – 18 (81,8%). Давность заболевания составила от 5 до 7 лет, но в большинстве случаев от 6 до 7 лет. Исследовался также аутопсийный материал 14 практических здоровых лиц, погибших в результате несчастных случаев (травмы, несовместимые с жизнью), которые составили контрольную группу.

Отпрепарированные ЩЖ освобождали от соединительной и жировой ткани. Затем из средней части каждой доли железы вырезали пластинку толщиной 3–4 мм для последующего гистологического изучения. Железы вместе с бирками от данных больных помещали в марлевые мешочки и опускали в 10% раствор нейтрального формалина. Зафиксированный материал заливали в парафин. Срезы толщиной 5–6 мкм окрашивали гематоксином Эрлиха и эозином. Препараты изучали под микроскопом МБУ-3 при разных увеличениях.

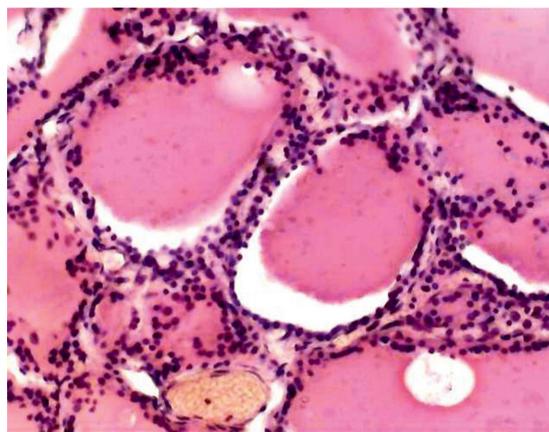
Для определения функционального состояния щитовидной железы по морфологическим признакам мы использовали индекс Брауна [9], в основе которого лежит зависимость между диаметром фолликулов и высотой тиреоидного (фолликулярного) эпителия. Как установлено, величина этого индекса обратно пропорциональна функциональной активности органа. Имея в виду вариабельность показателей диаметра фолликулов и высоты эпителия, а также неравномерность расположения фолликулов в различных зонах железы, мы прибегали к получению усредненных данных путем вычисления « $M \pm m$ » в результате многочисленных измерений как величины фолликулов, так и тиреоидных клеток. Количество измерений в каждом объекте составило 79 фолликулов. Все это в значительной степени повышало объективность оценки функционального состояния щитовидной железы. Измерение параметров железы производили в различных зонах.

Диаметр сосудов измеряли на просветленных препаратах под бинокулярным микроскопом «МБС-2», при этом определяли размеры петель кровеносных сетей и сплетений при помощи стандартной микроскопической линейки с последующим пересчетом полученных цифровых данных по переводной таблице. Изучение гистологических препаратов проводили под бинокулярным микроскопом «МБС-2» при объективе 8, 12, 40.

Результаты морфометрического исследования были обработаны методами вариационной статистики с подсчетом средних значений и их стандартного отклонения. Сравнение средних значений двух выборок выполняли непараметрическим методом (U – тест Манна – Уитни) при распределении значений, отличных от нормального. Нулевая гипотеза отвергалась при  $P < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

У больных, оперированных по поводу ДТЗ, ЩЖ была диффузно увеличена и поверхность её из-за выступающих увеличенных долек была мелкобугристой. Оценивая результаты, полученные нами при изучении сосудистых нарушений в ЩЖ, можно отметить, что на первый план выступают изменения со стороны отдельных элементов микроциркуляторного русла и тканевых структур (в частности, артериолы, капилляры, посткапилляры и вены, параметры фолликулов и межфолликулярных пространств). В исследуемом органе имели место гемодинамические изменения, то есть неравномерное кровенаполнение внутриорганного русла (междольковых артерий) с преимущественным расширением обменных сосудов (капилляров и посткапилляров) с очагами кровоизлияний, отёком стромы (рис. 1).



*Рис. 1. Неравномерное утолщение стенок артериол. Лимфоцитарные инфильтрации в межфолликулярной строме и вакуолизация коллоида в фолликулах ЩЖ при ДТЗ (окраска гематоксилин-эозином, ув. x200)*

Диаметр капилляров был крупным  $24,2 \pm 0,1$  мкм, а контуры – неровные, вены многочисленные, широкие, короткие и извитые. В некоторых случаях их стенки были варикозно расширены. Благодаря соединению друг с другом калибр вен постепенно возрастал, особенно тех, которые принимают участие в образовании сплетения. В исследуемых сосудах преобладали признаки неравномерного утолщения базальной мембраны артериол, капилляров, нарушения проницаемости и плазматического пропитывания их стенок с выходом белковых масс в межфолликулярное пространство.

Согласно данным некоторых авторов [10], нарушение сосудистой проницаемости связано с изменением состояния основного межклеточного вещества, в частности с его распадом. Полученные данные позволяют нам разделить это мнение. В наших препаратах ЩЖ наблюдались явления набухания и распада отдельных органофильных волокон, большей части сосудов микроциркуляторного русла. При ДТЗ часто встречались плазматическое пропитывание и пролиферация клеток сосудистой стенки.

В более крупных сосудах наблюдались дистрофические изменения эндотелия, пикноз ядер и перпендикулярное расположение эндотелиальных клеток по отношению к просвету сосудов. В средней оболочке артерий (особенно в междольковых) изменения характеризовались отёком и вакуолизацией мышечных клеток. В отдельных случаях в мышечной оболочке выявлялись бесструктурные очаги, а в их адвентиции обнаруживались немногочисленные гистоцитарные и лимфоидные элементы.

Динамические изменения претерпевал и эластический каркас внутриорганных сосудов ЩЖ. В основном эти изменения затрагивали внутреннюю эластическую мембрану, что характеризовалось стойкой утратой присущей ей извилистости.

В проведенном исследовании выявлено статистически значимое достоверное увеличение диаметров артериол, капилляров и венул соответственно  $24, \pm 0,2$  мкм,  $12,2 \pm 0,3$  мкм и  $30,0 \pm 0,3$  мкм по сравнению с нормой ( $20,7 \pm 0,3$  мкм,  $6,7 \pm 0,2$  мкм,  $24,7 \pm 0,3$  мкм).

Перестройка железы сопровождалась и изменением ее функциональной активности, которая довольно точно может быть охарактеризована по ряду морфологических признаков, в частности по диаметру фолликулов и высоте эпителия.

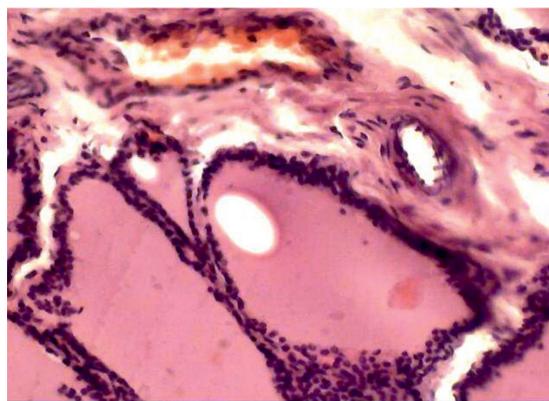
Как считает [9], индекс, выводимый из двух основных показателей (среднего диаметра просвета фолликулов и средней высоты эпителия), наиболее приближенно отражает степень активности ЩЖ. Так, морфометрическое измерение параметров фолликулов ЩЖ имело следующие показатели при ДТЗ, диаметр фолликулов у мужчин равен  $139,6 \pm 0,6$  мкм, а в норме  $150,6 \pm 1,3$  мкм, в то время как высота эпителия фолликулов –  $7,3 \pm 0,3$  мкм, в норме  $6,6 \pm 1,0$  мкм, а индекс Брауна  $20,9$  – в норме  $23,3$ . Эти показатели у женщин достоверно были уменьшены по сравнению с мужчинами. Анализ морфометрических показателей указывает на усиление процессов резорбции тиреоидного коллоида, т.е. на повышение функциональной активности

ЩЖ при ДТЗ, поскольку активация резорбции коррелирует с повышенной секрецией тиреоидных гормонов [11, 12].

Исследование микрофотографии в органах и их изменения при различных условиях существования человека или животного могут дать богатый материал для более глубокого понимания перестройки функции в норме и при патологии [13], так как лежащие рядом структурные элементы любого органа находятся не только в морфологическом единстве. Они, несомненно, оказывают друг на друга и функциональное влияние.

По нашим данным, в ЩЖ имеются сложные микрофотографические взаимоотношения фолликулов и окружающих ее структурных организаций (ретикулярная ткань, интерфолликулярный эпителий, рыхлая волокнистая соединительная ткань с лимфоидной структурой (лимфоциты) и микроциркуляторное кровеносное русло), которые определяют функциональную способность ЩЖ. Это необходимо для отведения (поступления) секретов фолликулярных эпителиев в венозное капиллярное русло ЩЖ.

При ДТЗ происходит сложная перестройка микрофотографических взаимоотношений фолликулов ЩЖ и окружающих ее структурных организаций: изменение микроангиоархитектоники, увеличение ее проницаемости, нарушение агрегатного состояния крови, очаговые лимфоцитарные инфильтраты, разрастание соединительной ткани, расширение интерфолликулярного пространства, появление островков тиреоидного эпителия и т.д., которые, несомненно, оказывают функциональное влияние на элементы стромы и фолликулов (рис. 2).



*Рис. 2. Микрофотографические взаимоотношения фолликулов ЩЖ с окружающими её структурами: неравномерный просвет венул и утолщение стенок артериол, очаговые лимфоцитарные инфильтраты в строме при ДТЗ (окраска гематоксилин-эозином, ув. x200)*

### Заключение

Полученная совокупность комплекса патоморфологических данных при ДТЗ свидетельствует о наличии морфологических изменений, перестройке сосудистой системы в виде различных гемодинамических нарушений, гиперпластических процессов (гиперплазия тиреоидного эпителия, активация фолликулов генеза и лимфоидной инфильтрации), а также о перестройке параметров фолликулов и их микро топографических взаимоотношениях с окружающими структурами. Характер изменений ЩЖ зависит от длительности и тяжести патологического процесса в органе. Полученные данные и результаты должны быть учтены при разработке патоморфологической диагностики и оперативном лечении ЩЖ.

### Список литературы

1. Абросимов А.Ю., Кожушная С.М. Морфологические особенности папиллярного рака щитовидной железы с очаговым высококлеточным компонентом // Архив патологии. 2012. № 4. С. 38–42.
2. Gerner P.A., Gutierrez M.T., Gomez J. Development and outcomes of the surgical management of multinodular goiter. *Ciz Esp.* 2013. № 2. P. 83–89.
3. Кахаров А.Н. Диагностика и хирургическое лечение зоба. Душанбе, 2008. 186 с.

4. Кахаров А.Н., Ибодова Г.Х. Современные аспекты диагностики и хирургического лечения доброкачественного узлового и многоузлового зоба // *Здравоохранение Таджикистана.* 2016. № 1. С. 77–82.
5. Гулов М.К., Расулов А.Т., Нуров З.М., Солиев Х.М. Клинико-морфологическая картина многоузлового эутиреоидного зоба // *Вестник Авиценны.* 2017. № 1. С. 46–49.
6. Нуров З.М. Профилактика ранних послеоперационных осложнений у больных диффузно токсическим зобом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Душанбе, 2012. 22 с.
7. Курбонов С., Абдурахманов Ф.А., Зиёева З.Д. Структурные изменения щитовидной железы при диффузном зобе // *Вестник Авиценны.* 2012. № 1. С. 38–40.
8. Курбонов С., Гулов М.К., Давлатов И.А., Тагайкулов Э.Х. Патоморфологические изменения в щитовидной железе при диффузном токсическом зобе // *Вестник Авиценны.* 2017. Т. 19. № 3. С. 321–324.
9. Браун А.А. О морфологическом индексе функциональной активности щитовидной железы: тезисы 2-й науч. конф. Андижанского отделения. Всес. об-ва АГЭ. Андижан. 1966. С. 20–23.
10. Козлов В.И. Микроциркуляция крови: оценка состояния и диагностика расстройств капиллярного кровотока // *Микроциркуляция в клинической практике: 4 Всерос. науч. конф. с международным участием (Москва, 19–20 апр. 2012 г.).* М., 2012. С. 6–7.
11. Хмельницкий О.К. О возможностях и ограничениях морфологического изучения щитовидной железы // *Архив патологии.* 1993. Т. 55. № 5. С. 5–10.
12. Юкина Г.Ю., Быков В.Л. Морфофункциональные изменения щитовидной железы при введении циклофосфана и их обратимость // *Морфология.* 2001. Т. 120. № 4. С. 56–59.
13. Сапин М.Р. Состояния и перспективы развития исследований в области анатомии человека // *Архив анатомии гистологии и эмбриологии.* 1990. Т. 98. № 2. С. 5–11.

УДК 614.76

## ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ

Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Юдин С.М.

*ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: professor121@rambler.ru*

Качество атмосферного воздуха в крупных городах является актуальной проблемой для здоровья населения. Цель исследования – оценка эколого-гигиенической ситуации и состояния здоровья населения в крупных промышленных городах. Состояние атмосферного воздуха и здоровья населения в Барнауле, Кемерове, Красноярске, Новокузнецке, Новосибирске и Омске изучали по данным официальной статистики за 2006–2016 гг. Установлено, что на первом месте по объему выбросов от стационарных источников находится Новокузнецк, а от передвижных – Омск. Красноярск занимает соответственно третье и второе места. По уровню антропогенной нагрузки на одного жителя на первом месте находится Новокузнецк, второе и третье места занимают соответственно Омск и Красноярск. Объем выбросов от транспорта в Красноярске выше, чем в других городах ( $p = 0,081$ ), за исключением Омска ( $p = 0,810$ ). Красноярск занимает первое место по содержанию в воздухе бензола и формальдегида, второе – бенз(а)пирена и сажи, третье – оксида азота и диоксида серы. В структуре злокачественных новообразований среди населения рассматриваемых городов Красноярск занимает лидирующие места по лейкомии и раку желудка. В структуре заболеваемости детей первые позиции в Красноярске занимают заболевания язвой желудка, анемиями, бронхиальной астмой и мочекаменной болезнью; взрослого населения – анемиями, бронхитом и гастритом. Выводы. Одной из причин повышенной заболеваемости населения Красноярска лейкомией и раком желудка может быть высокое содержание в воздушной среде бензола, бенз(а)пирена и формальдегида. Заболеваемость бронхиальной астмой детей и хроническим бронхитом взрослых, возможно, связана с загрязнением атмосферного воздуха оксидом азота, диоксидом серы, сажей и бенз(а)пиреном. К предрасполагающим факторам развития анемий, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, наряду с алиментарным дефицитом, относится также и химическое загрязнение атмосферного воздуха.

**Ключевые слова:** объем выбросов, химические вещества, загрязнение атмосферного воздуха, заболеваемость

## ENVIRONMENTAL SITUATION AND HEALTH IN LARGE INDUSTRIAL CITIES

Meshkov N.A., Valtseva E.A., Yudin S.M.

*Federal State Organization «Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, e-mail: professor121@rambler.ru*

The air quality in big cities is an important public health issue. This study aims to assess the environmental health situation and people's health in big industrial cities. Specifically, it looks at official statistics for 2006–2016 to study the air quality and people's health in Barnaul, Kemerovo, Krasnoyarsk, Novokuznetsk, Novosibirsk and Omsk. Novokuznetsk is number one in terms of emissions from stationary sources of pollution, while Omsk heads the list of cities ranked based on mobile source pollution. Krasnoyarsk is number three and two in these lists, respectively. Novokuznetsk tops the list of cities ranked based on human impact on the environment per capita, while Omsk and Krasnoyarsk are number two and three. Krasnoyarsk has more emissions from transportation than the other cities ranked in the study ( $p = 0.081$ ), except for Omsk ( $p = 0.810$ ). Krasnoyarsk ranks first in terms of benzene and formaldehyde content in the air, second in terms of benzo(a)pyrene and soot content, and third in terms of nitric oxide and sulfur dioxide content. If we look at cancer statistics, Krasnoyarsk has more people suffering from leukemia and gastric cancer than the other cities in the study. As for disease incidence among Krasnoyarsk children, gastric ulcer, anemia, bronchial asthma and kidney stone disease have the highest incidence rate; among the city's adults, anemia, bronchitis and gastritis. Conclusions. High leukemia and gastric cancer incidence in Krasnoyarsk may be partly due to high benzene, benzo(a)pyrene and formaldehyde content in the air. Bronchial asthma in children and chronic bronchitis in adults may be caused by nitric oxide, sulfur dioxide, soot and benzo(a)pyrene pollution. Along with nutritional deficiency, chemical pollution can also be one of the risk factors for anemia, and gastric and duodenal ulcers.

**Keywords:** emissions, chemicals, air pollution, incidence

Состояние атмосферного воздуха в крупных городах является серьезной проблемой для здоровья населения. Уровни загрязнения воздуха в 20 крупнейших городах мира в разы превышают установленные ВОЗ нормативы [1]. Около 50% хронических респираторных заболеваний в мире, по оценкам ВОЗ, связаны с загрязнением

воздуха, воздействию которого подвергается более 1 млрд городских жителей.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) официально признала воздух в крупных городах причиной инсульта, ишемической болезни сердца, хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), астмы, пневмонии и рака лег-

ких [2] Отдельные эпидемиологические исследования связывают загрязнение воздуха с раком мочевого пузыря. Около 17% ежегодных преждевременных смертей от рака легких среди взрослых объясняется воздействием канцерогенов из-за загрязнения воздуха в домашних хозяйствах. Более половины смертей среди детей в возрасте до 5 лет от острых инфекций нижних дыхательных путей вызваны вдыхаемыми частицами из-за загрязнения воздуха в результате применения твердого топлива в домашних хозяйствах [3].

Источниками загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах являются автотранспорт, промышленные и электрогенерирующие предприятия, системы отопления в частных домах [4, 5].

Цель исследования: оценка эколого-гигиенической ситуации и состояния здоровья населения в крупных промышленных городах Сибири.

#### Материалы и методы исследования

Состояние атмосферного воздуха и здоровья населения изучали в городах: Барнаул, Красноярск, Кемерово, Новокузнецк, Новосибирск, Омск. Объемы выбросов стационарных, передвижных источников, качество атмосферного воздуха и состояние здоро-

вья оценивали по данным официальной статистики Росстата, государственных докладов о состоянии и охране окружающей среды, состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Роспотребнадзора, ежегодников Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова за 2006–2016 гг.

Обработка данных проводилась с помощью ППП Statistica 10.0: Описательная и Непараметрическая статистика (тест Манна – Уитни U).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Структура основных предприятий в Барнауле, Красноярске Новокузнецке, Новосибирске, Омске и Кемерове представлена на рис. 1.

Как видно на рис. 1, доля предприятий машиностроения и металлообработки преобладает в Новокузнецке, а электро- и теплоэнергетики – в Кемерове.

Изучаемые города сравнивали по объему выбросов от стационарных и передвижных источников (рис. 2).

На рисунке показано, что на 1-м месте по объему выбросов от стационарных источников находится Новокузнецк, а от передвижных – Омск. Красноярск по этим показателям занимает соответственно 3-е и 2-е места.

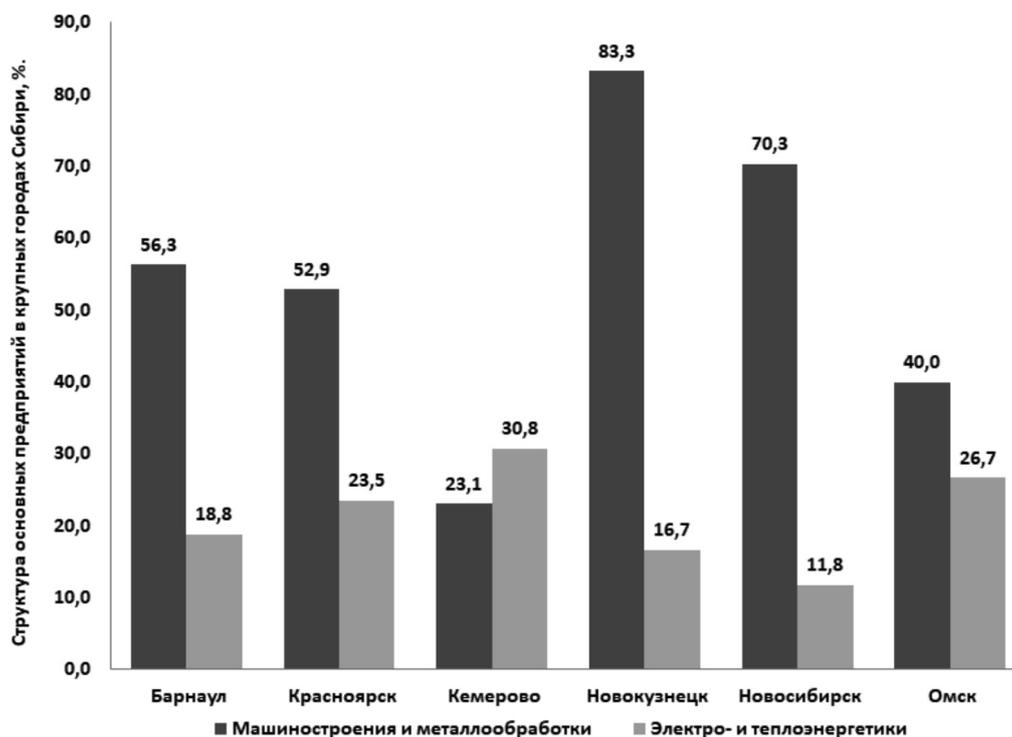


Рис. 1. Структура основных предприятий в крупных городах Сибири, %. По оси ординат: Доля промышленных предприятий машиностроения и металлообработки, электро- и теплоэнергетики, %. По оси абсцисс: Города Сибирского федерального округа

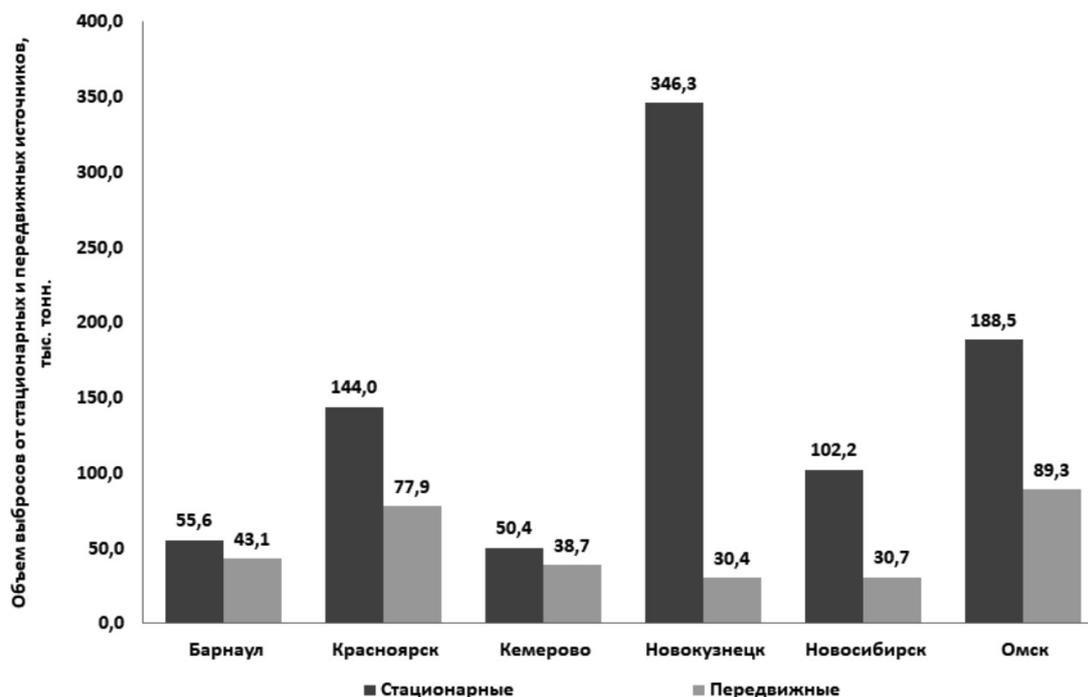


Рис. 2. Объем выбросов от стационарных и передвижных источников, тыс. тонн.  
По оси ординат: Объем выбросов от стационарных и передвижных источников, тыс. тонн / год.  
По оси абсцисс: Города Сибирского федерального округа

Объем выбросов от обрабатывающих производств в Красноярске достоверно выше по сравнению с Кемеровом и Омском ( $p = 0,005$ ), при производстве электроэнергии – только по сравнению с Омском ( $p = 0,005$ ). Вклад в структуру выбросов обрабатывающих производств выше, чем в Кемерово и Омске, соответственно в 4,1 и 2,8 раза, а выбросов при производстве электроэнергии меньше в 1,7 и 6,2 раза.

Объем выбросов от транспорта в Красноярске выше, чем в других городах ( $p = 0,081$ ), за исключением Омска ( $p = 0,810$ ). Вклад в загрязнение воздуха отработавших газов автотранспорта достигает 70–90% [6]. Выбросы автотранспорта создают устойчивые и обширные зоны с уровнями загрязнения, в разы превышающими санитарно-гигиенические нормативы [7].

Содержание токсичных веществ в выхлопных газах зависит от типа двигателя (рис. 3). На рис. 3 видно, что в выхлопных газах бензиновых двигателей преобладает содержание окиси углерода, окислов азота, углеводородов и бенз(а)пирена, в дизельных – сажи.

В городах с длительным отопительным сезоном и наличием в топливном балансе угля или мазута вклад продуктов сжигания топлива в общем объеме выбросов от

стационарных источников, коммунальных котельных и печей частного сектора может достигать 90%.

Структура приоритетных загрязнителей в выбросах от всех стационарных источников, предприятий электро- и теплоэнергетики, печей частного сектора и отработавших газах автотранспорта в Красноярске представлена в табл. 1.

Как видно из табл. 1, в выбросах стационарных источников и выхлопах автотранспорта преобладают оксид углерода, предприятий электро- и теплоэнергетики – диоксид серы и азота, бытовых печей – твердые вещества. Доля твердых веществ в выбросах печей частного сектора в 4,8 раза превосходит их долю в выбросах стационарных источников, а в выбросах предприятий электро- и теплоэнергетики и отработавших газах автотранспорта – соответственно 3,1 и 3,5 раза. Важно отметить, что твердые вещества из печей частного сектора поступают в атмосферный воздух без какой-либо очистки, тогда как предприятия электро- и теплоэнергетики оборудованы средствами газо- и пылезащиты, эффективность которых достигает 95–97%.

Среди загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников, при-

сутствуют канцерогены и неканцерогены. К приоритетным канцерогенам относятся бенз(а)пирен (БП), формальдегид (ФА) и бензол.

В Красноярске основным источником выбросов бенз(а)пирена являются предприятия по производству алюминия, на 2-м месте – ТЭЦ и бытовые котельные.

Нельзя не учитывать печное отопление домов частного сектора, как один из существенных источников выбросов канцерогенов. По данным ВОЗ внутри частного дома концентрация бенз(а)пирена достигает 70 нг/м<sup>3</sup> при норме 0,12 нг/м<sup>3</sup> (рекомендации ВОЗ), формальдегида –

26 мкг/м<sup>3</sup> при норме 9,9 мкг/м<sup>3</sup> (для зимнего времени), а бензола – 30–45 мкг/м<sup>3</sup> при норме 1,7 мкг/м<sup>3</sup>.

Формальдегид содержится в выбросах химических и металлургических производств, отработавших газах автотранспорта, а бензол – в выбросах нефтехимических и химических производств.

Результаты сравнительного анализа антропогенной нагрузки в рассматриваемых городах представлены на рис. 4. На рис. 4 показано, что на 1-м месте по уровню антропогенной нагрузки находится Новокузнецк, на 2-м – Омск, Красноярск занимает 3-е место.

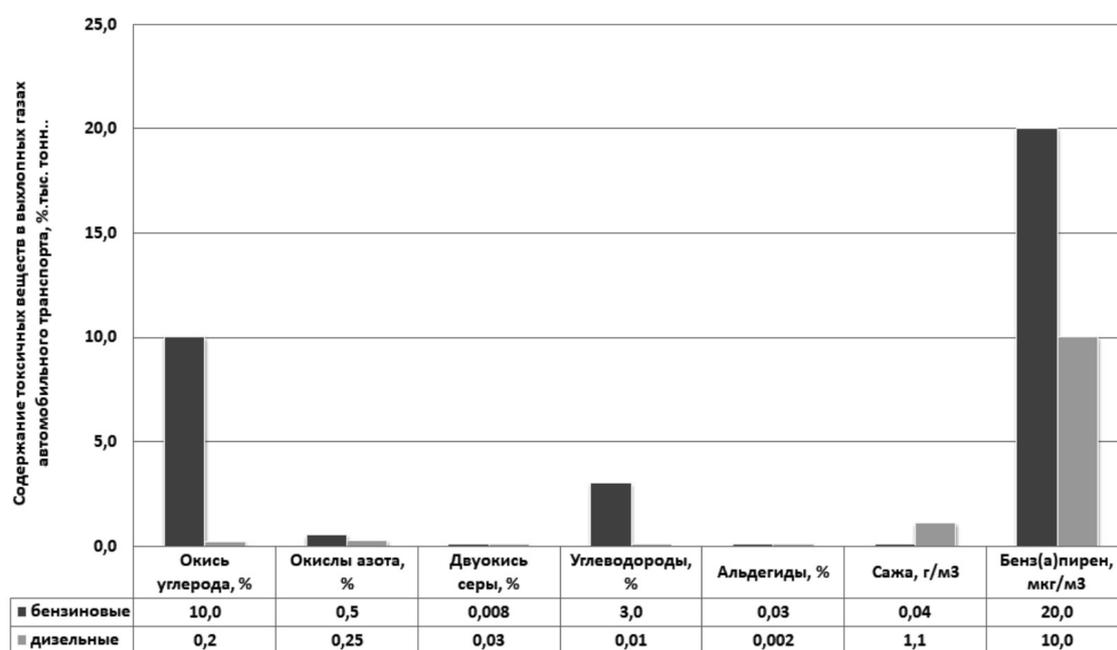


Рис. 3. Содержание токсичных веществ в выхлопных газах автомобильного транспорта, %. По оси ординат: Удельный вес токсикантов в отработавших газах автомобильных двигателей, %. По оси абсцисс: Токсиканты выхлопных газов двигателей автотранспорта

Таблица 1

Удельный вес приоритетных поллютантов, поступающих в атмосферный воздух г. Красноярска, %

Поллютанты	Стационарные источники	Предприятия электро-теплоэнергетики	Бытовые печи	Выхлопные газы
ТВ	16,0 (9,4–24,6)	24,4 (15,8–33,0)	76,4 (67,9–85,0)	21,7 (9,4–24,6)
SO <sub>2</sub>	21,0 (13,7–30,1)	28,9 (19,8–38,0)	21,2 (13,0–30,3)	0,1 (0,07–0,2)
CO	50,6 (41,7–59,1)	22,9 (14,5–31,3)	0,9 (–1,0–9,4)	72,4 (63,4–81,3)
NOx (по NO <sub>2</sub> )	12,4 (6,5–21,0)	23,8 (15,2–32,4)	1,5 (–0,9–10,0)	5,8 (1,1–10,5)

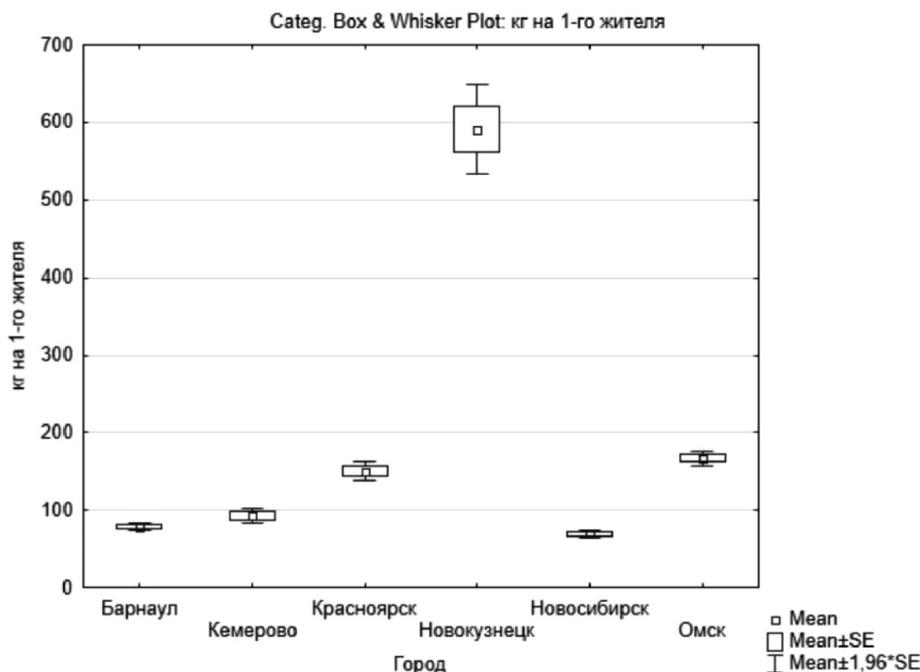


Рис. 4. Антропогенная нагрузка на 1-го жителя от выбросов стационарных источников в городах Сибири, кг/чел. По оси ординат: Уровень антропогенной нагрузки на 1-го жителя от выбросов стационарных источников, кг/чел. По оси абсцисс: Города Сибирского федерального округа

Взвешенные вещества поступают в атмосферный воздух при сжигании угля и мазута, а также с выбросами металлургических производств. Крупным источником загрязнения взвешенными веществами являются выбросы при печном отоплении домов частного сектора, на долю которого приходится около 10%, а в период отопительного сезона – до 20–30% загрязнения атмосферного воздуха  $PM_{2,5}$  [8].

Анализ содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в Красноярске и городах сравнения за период с 2006 по 2016 г. показал, что концентрация бензола в Красноярске выше, чем в Барнауле ( $p = 0,028$ ), Кемерово ( $p = 0,003$ ) и Омске ( $p = 0,005$ ), формальдегида – по сравнению с Кемеровом ( $p = 0,042$ ). Концентрация бенз(а)пирена в Красноярске выше, чем в других городах ( $p < 0,001$ ), за исключением Новокузнецка. Содержание сажи выше, чем в Кемерово ( $p < 0,001$ ), Новокузнецке и Новосибирске ( $p < 0,001$ ).

Концентрация оксида азота в Красноярске повышена по сравнению с Барнаулом ( $p = 0,004$ ) и Омском ( $p = 0,024$ ), а диоксида серы – только с Омском ( $p = 0,05$ ). Уровень загрязнения воздуха взвешенными веществами в Красноярске выше, чем в Кемерово ( $p < 0,001$ ) и Омске ( $p = 0,003$ ).

Наиболее высокое превышение ПДКс.с. по диоксиду азота наблюдалось в Кемерово (1,43), 2-е и 3-е места по этому показателю занимают Барнаул и Новокузнецк – соответственно 1,38 и 1,3 ПДКс.с.. Содержание взвешенных веществ превышало ПДКс.с. в Новокузнецке в 1,29 раза, в Новосибирске и в Барнауле – в 1,28 и 1,19 раза. Превышение гигиенического норматива по формальдегиду (1,22 ПДКс.с.) наблюдалось только в Красноярске. Среди городов сравнения Красноярск занимает 1-е место по содержанию бензола и формальдегида, 2-е – бенз(а)пирена и сажи, 3-е – оксида азота и диоксида серы.

Интегральным индикатором медико-экологического благополучия окружающей среды является состояние здоровья населения. Вероятность развития заболевания под воздействием загрязнения окружающей среды зависит от возраста, пола и исходного состояния здоровья.

К заболеваниям экологической этиологии относят злокачественные новообразования (ЗНО), болезни системы кровообращения, органов дыхания, пищеварения и мочеполовой системы. Высокий уровень загрязнения воздушной среды городов взвешенными веществами, диоксидом азота и серы, бенз(а)пиреном, формальдегидом, фенолом, сажей и сероводородом повышает риск развития

злокачественных новообразований, респираторных заболеваний у детей, провоцирует обострение хронических заболеваний органов дыхания (бронхиальная астма, бронхиты, хроническая обструктивная болезнь легких и др.) и болезней системы кровообращения (инсульты, ишемическая болезнь сердца), а также рост врожденных пороков развития и аллергических заболеваний.

Состояние здоровья населения оценивали за 2008–2016 гг. по показателям впервые выявленной заболеваемости.

Уровень заболеваемости ЗНО с впервые установленным диагнозом (все население) по отдельным нозологиям и структура онкозаболеваний представлены в табл. 2.

Уровень заболеваемости ЗНО всего населения в Красноярске достоверно повышен по сравнению с Кемеровом ( $p = 0,03$ ), лейкоемией – с Кемеровом ( $p < 0,001$ ) и Омском ( $p = 0,01$ ).

Как видно из табл. 2, среди рассматриваемых городов 1-е место по заболеваемости лейкоемией занимает Новокузнецк, Красноярск – 2-е, а по заболеваемости раком легкого, раком желудка и кожи – 5-е и 4-е места. В структуре ЗНО лейкоемия занимает 1-е место, 2-е место – рак желудка, а рак легкого и рак кожи – 4-е и 5-е места.

Уровень заболеваемости детского населения отдельными нозологиями и структура заболеваемости в изучаемых городах представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что Красноярск занимает 1-е место по уровню заболеваемости детей язвой желудка, 2-е – бронхиальной астмой и мочекаменной болезнью и 3-е – анемией. В структуре заболеваемости детей Красноярск находится на 1-м месте по удельному весу заболеваний язвой желудка, на 2-м месте – анемией, бронхиальной астмой и мочекаменной болезнью, на 4-м и 5 местах – соответственно гастритом и врожденными пороками развития.

Уровень заболеваемости детей анемией в Красноярске достоверно выше, чем в Барнауле ( $p = 0,006$ ), Новокузнецке ( $p = 0,03$ ) и Новосибирске ( $p < 0,001$ ), астмой выше по сравнению с Кемеровом ( $p = 0,043$ ), Новокузнецком ( $p = 0,03$ ) и Омском ( $p < 0,001$ ), гастритом – с Омском ( $p = 0,062$ ), язвой желудка – с Барнаулом ( $p = 0,004$ ), Кемерово ( $p = 0,002$ ), Новосибирском ( $p = 0,002$ ) и Омском ( $p = 0,024$ ), мочекаменной болезнью – с Барнаулом ( $p = 0,018$ ), Кемеровом ( $p < 0,001$ ), Новосибирском ( $p < 0,001$ ) и Омском ( $p = 0,011$ ), врожденными аномалиями (пороками развития) – с Новосибирском ( $p < 0,001$ ).

Уровень заболеваемости взрослого населения отдельными нозологиями и структура заболеваемости в изучаемых городах представлены в табл. 4.

Анализ данных, приведенных в табл. 4, показал, что по уровню заболеваемости взрослых отдельными нозологиями, за исключением гипертонии и астмы, 1-е место занимает Барнаул. 1-е место по уровню гипертонии занимает Новокузнецк, а астмы – Кемерово. Красноярск по заболеваемости анемией и хроническим бронхитом находится на 2-м месте, гастритом и язвенной болезнью желудка – на 3-м месте.

По вкладу в структуру заболеваемости анемии и бронхита Красноярск занимает 1-е место, гастрита – 2-е, астмы и язвы желудка – 3-е, мочекаменной болезни и гипертонии – соответственно 5-е и 6-е места.

Среди взрослых заболеваемость анемией в Красноярске выше по сравнению с Кемеровом ( $p = 0,013$ ) и Новосибирском ( $p < 0,001$ ), хроническим бронхитом – с Новосибирском ( $p < 0,001$ ) и Омском ( $p = 0,005$ ), гастритом – с Новосибирском ( $p < 0,001$ ), язвой желудка – с Новосибирском ( $p < 0,001$ ) и Омском ( $p = 0,024$ ), мочекаменной болезнью – с Омском ( $p = 0,005$ ).

Таблица 2

Уровни и структура заболеваемости всего населения злокачественными новообразованиями в крупных городах Сибири

Злокачественные новообразования (ЗНО)	Красноярск	Барнаул	Кемерово	Новокузнецк	Новосибирск	Омск
	Впервые выявленные ЗНО, на 100 тыс. населения (M ± σ)					
Лейкемия	9,2 ± 2,4	7,3 ± 1,3	2,5 ± 1,3	9,5 ± 2,5	7,4 ± 0,6	5,2 ± 2,0
Рак легкого	37,2 ± 4,9	38,9 ± 3,5	33,2 ± 10,4	46,0 ± 2,5	42,2 ± 3,1	47,3 ± 11,0
Рак желудка	25,0 ± 4,2	24,4 ± 2,7	20,4 ± 5,2	26,8 ± 2,1	26,0 ± 2,6	25,6 ± 5,6
ЗНО кожи	44,7 ± 5,8	53,6 ± 6,6	42,2 ± 6,8	44,7 ± 3,1	61,2 ± 8,7	65,9 ± 21,6
	Структура впервые выявленных ЗНО, %					
Лейкемия	2,5	1,8	0,8	2,4	1,7	1,2
Рак легкого	10,0	9,5	10,3	11,8	9,9	10,8
Рак желудка	6,7	6,0	6,3	6,9	6,1	5,9
ЗНО кожи	10,9	13,1	13,1	11,5	14,4	15,1

Таблица 3

Уровни и структура заболеваемости детского населения отдельными нозологиями в крупных городах Сибири

Нозологии	Красноярск	Барнаул	Кемерово	Новокузнецк	Новосибирск	Омск
	Впервые выявленные заболевания (на 100 тыс.), Me (P <sub>25</sub> – P <sub>75</sub> )					
Анемии	894,2 (773,6–1187,5)	316,0 (231,9–358,7)	5,0 (2,7–10,3)	642,4 (401,9–743,3)	22,8 (15,3–36,5)	12,8 (10,9–14,0)
Астма	653,4 (613,8–697,6)	246,2 (221,7–343,3)	3,8 (1,8–7,8)	1634,0 (1095,4–1796,3)	9,0 (8,0–12,3)	8,1 (3,9–9,8)
Бронхит	1221,1 (1055,3–1563,5)	207,5 (198,6–236,2)	6,8 (3,8–18,0)	844,5 (635,4–942,6)	5,6 (4,1–8,8)	2,6 (1,3–4,3)
Гастрит	597,3 (375,0–672,6)	225,5 (166,6–250,8)	24,8 (7,7–37,5)	2227,4 (1568,1–2424,2)	22,0 (16,4–28,6)	25,0 (21,4–29,5)
Язва желудка	179,0 (173,8–198,0)	372,6 (357,0–377,2)	6,4 (2,8–62,6)	494,9 (408,1–557,3)	7,3 (6,1–19,7)	3,4 (3,2–5,0)
Мочекам. болезнь	1518,0 (1374,0–1684,0)	147,2 (125,0–154,2)	3,5 (2,8–18,5)	392,2 (306,3–482,0)	9,1 (6,7–19,7)	2,7 (1,9–3,5)
Структура впервые выявленных заболеваний, %						
Анемии	51,6	27,2	55,8	19,7	18,6	73,1
Астма	16,5	11,5	9,1	7,3	35,2	6,6
Бронхит	0,3	0,3	0,5	0,9	2,7	0,5
Гастрит	29,7	60,4	34,1	70,4	42,5	18,8
Язва желудка	1,2	0,4	0,3	0,7	0,7	0,6
Мочекам. болезнь	0,6	0,3	0,1	0,9	0,4	0,4

Таблица 4

Уровни и структура заболеваемости взрослого населения отдельными нозологиями в крупных городах Сибири

Нозологии	Красноярск	Барнаул	Кемерово	Новокузнецк	Новосибирск	Омск
	Впервые выявленные заболевания (на 100 тыс.), Me (P <sub>25</sub> – P <sub>75</sub> )					
Анемии	275,1 (241,4–311,1)	651,1 (534,3–697,9)	137,5 (122,3–192,5)	180,6 (154,1–304,9)	117,9 (101,6–125,3)	301,4 (218,5–320,1)
Гипертония	482,9 (456,3–633,2)	2047,2 (1832,3–2085,0)	808,3 (717,1–841,2)	1262,1 (877,8–3287,8)	630,9 (557,8–699,6)	2103,3 (1942,4–2132,3)
Астма	73,1 (68,9–79,7)	133,0 (117,5–137,2)	137,2 (124,9–158,1)	88,9 (65,1–156,4)	68,7 (66,5–75,4)	105,1 (82,3–129,6)
Бронхит	289,3 (224,2–337,5)	870,4 (782,2–898,5)	277,4 (240,3–330,8)	208,9 (167,1–629,2)	81,3 (79,9–87,0)	145,9 (119,9–173,3)
Гастрит	508,0 (445,7–722,6)	1960,1 (1760,3–2332,6)	483,8 (468,2–516,1)	571,0 (492,1–1249,1)	172,3 (155,6–180,8)	542,1 (364,6–563,3)
Язва желудка	133,4 (128,2–141,0)	561,0 (414,8–588,6)	123,5 (116,3–136,1)	179,7 (134,8–203,9)	80,7 (67,5–89,0)	61,4 (60,6–73,8)
Мочекам. болезнь	181,2 (170,8–197,0)	557,5 (544,2–575,4)	275,5 (236,2–309,5)	357,6 (302,1–377,3)	121,1 (104,2–133,4)	147,3 (133,3–161,8)
Структура впервые выявленных заболеваний, %						
Анемии	12,0	9,6	7,4	5,7	8,1	8,5
Гипертония	27,0	29,6	33,5	48,3	47,2	61,3
Астма	3,5	1,9	6,0	2,7	4,7	3,3
Бронхит	19,3	12,0	12,4	9,8	5,8	4,9
Гастрит	24,2	30,8	23,0	20,6	12,2	15,2
Язва желудка	5,9	7,8	5,6	4,3	6,5	2,1
Мочекам. болезнь	8,0	8,3	12,0	8,5	15,4	4,6

Заболеваемость взрослых астмой в Красноярске снижена по сравнению с Барнаулом ( $p = 0,006$ ) и Кемеровом ( $p = 0,003$ ), артериальной гипертензией – со всеми городами ( $p < 0,001$ ), за исключением Новосибирска.

Уровень заболеваемости мочекаменной болезнью ниже по сравнению с Барнаулом и Новокузнецком ( $p < 0,001$ ), Кемеровом ( $p < 0,001$ ) и Новосибирском ( $p = 0,006$ ), но выше, чем в Омске ( $p = 0,005$ ).

Анализ медико-экологической ситуации в городах Сибири показал, что различный состав загрязняющих веществ в атмосферном воздухе обусловлен разными видами промышленной деятельности. Каждое из содержащихся в воздухе веществ оказывает определенное воздействие на организм человека, в связи с чем различается и структура заболеваемости городского населения, которая в определенной степени обусловлена составом выбросов стационарных и передвижных источников.

Одной из причин повышенной заболеваемости населения Красноярска лейкемией и раком желудка может быть высокое содержание в воздушной среде бензола, бенз(а)пирена и формальдегида.

Заболеваемость бронхиальной астмой детей и хроническим бронхитом взрослых, возможно, связана с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха оксидом азота, диоксидом серы, сажей и бенз(а)пиреном.

Техногенные загрязнения атмосферного воздуха, наряду с алиментарным дефицитом, могут служить этиологическими факторами возникновения анемии, а также язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки – выявлена связь этой патологии с уровнем загрязнения воздуха оксидом углерода, диоксидом азота [9].

### Выводы

1. Объем выбросов от обрабатывающих производств в Красноярске достоверно выше по сравнению с Кемеровом и Омском ( $p = 0,005$ ). Объем выбросов при производстве электроэнергии в Красноярске сопоставим с Кемеровом и выше, чем в Омске ( $p = 0,005$ ). Вклад в структуру выбросов обрабатывающих производств в 4,1 и 2,8 раза выше, чем соответственно в Кемерове и Омске, а при производстве электроэнергии меньше в 1,7 и 6,2 раза. Объем выбросов от транспорта в Красноярске превышает аналогичные выбросы в других городах, за исключением Омска.

2. Содержание бензола в атмосферном воздухе в Красноярске повышено по сравнению с Барнаулом ( $p = 0,028$ ), Кемеровом ( $p = 0,003$ ) и Омском ( $p = 0,005$ ), а формальдегида – с Кемеровом ( $p = 0,042$ ). Концентрация бенз(а)пирена в Красноярске выше, чем в городах сравнения, ( $p < 0,001$ ), за исключением

Новокузнецка, а сажи – чем в Кемерове, Новокузнецке и Новосибирске ( $p < 0,001$ ).

3. В Красноярске в выбросах стационарных источников и автотранспорта преобладает оксид углерода, предприятий электро- и теплоэнергетики – диоксиды серы и азота, бытовых печей – твердые вещества, доля которых в 4,8 раза выше, чем в выбросах стационарных источников, и в 3,1 и 3,5 раза – соответственно предприятий электро- и теплоэнергетики и автотранспорта.

4. Красноярск по вкладу в структуру заболеваемости населения злокачественными новообразованиями лейкемии и рака желудка занимает среди городов сравнения соответственно 1-е и 2-е места. По вкладу в структуру заболеваемости детей заболеваний язвы желудка Красноярск находится на 1-м месте, а заболеваний анемиями, бронхиальной астмой и мочекаменной болезнью – на 2-м. По вкладу в структуру заболеваемости взрослого населения заболеваний анемиями и бронхитом Красноярск занимает 1-е место и 2-е – заболеваний гастритом.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБУ «ЦСП» Минздрава России на 2018–2020 гг.*

### Список литературы

1. Рекомендации по качеству воздуха. Глобальные обновленные данные, 2005 г. Твердые частицы, озон, двуокись азота и двуокись серы. Женева: ВОЗ, 2006. 484 с.
2. Информационный бюллетень № 313, 2016. Качество атмосферного воздуха и здоровье // Информационный бюллетень. 2016. № 313 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/ru> (дата обращения: 17.08.2018).
3. Информационный Бюллетень № 292, 2016. Загрязнение воздуха в домашних хозяйствах и здоровье // Информационный бюллетень. 2016. № 292 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/ru> (дата обращения: 17.08.2018).
4. The Lancet Commission on pollution and health, окт. 2017; Информац. бюллетень, 2016 The Lancet Commission on pollution and health // Published online. October 19, 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673617323450?via%3Dihub> (дата обращения: 17.08.2018).
5. Рахманин Ю.А. Концептуальные и методологические аспекты гигиены как основы развития профилактического здравоохранения // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2017. № 1. С. 57–78.
6. Ситдикова А.А., Святова Н.В., Царева И.В. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3.; URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19623> (дата обращения: 28.08.2017).
7. Шеховцов А.А. Загрязнение воздуха в России: 1992–2006 // Россия в окружающем мире: Аналитический ежегодник. М.: МНЭПУ, 2008. С. 68–96.
8. Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options Отопление жилищ древесиной и углем. Влияние на здоровье и варианты политики в Европе и Северной Америке (Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/274963/Residential-Heating-Wood-Coal-Health-Impacts-ru.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/274963/Residential-Heating-Wood-Coal-Health-Impacts-ru.pdf) (дата обращения: 17.08.2018).
9. Балабина Н.М. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на первичную заболеваемость взрослого городского населения анемиями // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2005. № 1 (39). С. 116–119.

УДК 612.822.3

## СПЕЦИФИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НООТРОПНОГО ПЕПТИДА HLDF-6 НА АКТИВНОСТЬ ИНТЕРНЕЙРОНОВ ОБОРОНИТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ

Никитин В.П., Козырев С.А., Солнцева С.В.

*НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина, Москва, e-mail: nikitin.vp@mail.ru*

Пептид HLDF-6 имеет очевидные перспективы применения в медицинской практике, обладая широким диапазоном ноотропной и нейропротективной активности. Однако нейронные эффекты пептида не изучены. В настоящей работе на полуинтактных препаратах виноградных улиток исследовано влияние пептида HLDF-6 на свойства электрогенной мембраны и ответы, вызванные сенсорными раздражениями, интернейронов оборонительного поведения Lpl1. Во время подведения пептида HLDF-6 в дозах 10 нМ или 10 мМ обнаружена небольшая деполяризация и увеличение возбудимости мембраны нейронов при отсутствии изменений ответов на тестирующие сенсорные химические и тактильные раздражения. Через 10–20 мин после начала отмывания пептида выявлена выраженная депрессия ответов, вызванных аппликациями слабого раствора хинина на голову улитки, сохранявшаяся не менее 2-х часов. После аппликации пептида HLDF-6 не выявлено изменений ответов нейронов на тактильные раздражения головы и ноги. Таким образом, нами впервые обнаружена синапс-специфичность эффектов пептида HLDF-6 по отношению к определенному сенсорному «входу» нейронов – депрессия ответов, вызванных сенсорными раздражениями хеморецепторов головы улитки, при отсутствии изменений ответов на раздражение механорецепторов головы и ноги животного. Молекулярные механизмы эффектов пептидов на нейроне хорошо коррелируют с его характеристиками, описанными на других объектах исследований.

**Ключевые слова:** нейрон, пептиды, HLDF-6, синаптическая пластичность, нервно-психические заболевания

## THE SPECIFIC EFFECT OF THE HLDF-6 NOOTROPIC PEPTIDE ON THE ACTIVITY OF INTERNEURONS OF THE SNAIL DEFENSIVE BEHAVIOR

Nikitin V.P., Kozyrev S.A., Solntseva S.V.

*P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology, Moscow, e-mail: nikitin.vp@mail.ru*

The HLDF-6 peptide has obvious prospects of application in medical practice with a wide range of nootropic and neuroprotective activity. However, the neuronal effects of the peptide have not been studied. In this paper, the effect of the HLDF-6 peptide on the properties of the electrogenic membrane and the responses caused by sensory stimuli of the Lpl1 interneurons of the defensive behavior were studied on semi-contact preparations of grape snails. During the administration of the HLDF-6 peptide at 10 nM or 10 μM doses a small depolarization and an increase in the excitability of the neuronal membrane were observed in the absence of changes in responses to testing sensory chemical and tactile stimuli. 10–20 minutes after the beginning of the peptide cleaning out, a pronounced depression of the responses caused by administration of a weak quinine solution to the snail's head, which was lasting no less than 2 hours, was revealed. After application of the HLDF-6 peptide no changes in neurons responses to tactile head and leg irritations were detected. Thus, for the first time we detected the synapse specificity of HLDF-6 peptide effects in relation to a certain sensory «input» of neurons – the depression of responses caused by sensory stimulations of the snail's head chemoreceptors without changes of responses to stimulation of animal head and foot mechanoreceptors. The molecular mechanisms of the peptides effects on the neuron correlate well with its characteristics, described in other research objects.

**Keywords:** peptides, neuron, HLDF-6, synaptic plasticity, nervously mental illness

Цереброваскулярные и нейродегенеративные заболевания являются одной из основных причин смертности и инвалидизации населения. В этой связи актуальное значение имеет разработка новых фармакологических подходов для диагностики и лечения этих заболеваний. В 1994 г. обнаружен фактор дифференцировки HLDF (Human Leukaemia Differentiation Factor) и синтезирован его шестичленный фрагмент – пептид HLDF-6, который демонстрирует широкий диапазон ноотропной и нейропротекторной активности [1, 2]. Этот пептид проявляет антиапоптозную активность и защищает клетки против бета-амилоидного (βA) пептида, азид натрия, церамида, этанола, холодового стресса и гипоксии, повышает жизнеспособ-

ность эмбрионов мыши *in vitro* [2]. Пептид легко метаболизируется, неиммуногенен и нетоксичен, характеризуется высокой эффективностью специфической активности и безопасен при дозе, в десять раз превышающей терапевтическую дозу. В опытах с использованием различных экспериментальных моделей животных (водный лабиринт Морриса, тест пассивного избегания, тест распознавания объекта) обнаружено, что центральное и системное введение пептида здоровым животным способствует формированию и хранению долговременной памяти [1]. Показано, что пептид устранял выраженный когнитивный дефицит в экспериментальных моделях клинической патологии и вносил вклад в восстановление

нарушенной памяти [3]. Пептид HLDF-6 обладает высокой анксиолитической активностью. В тестах «открытого поля» и «приподнятого крестообразного лабиринта» HLDF-6 демонстрировал анксиолитические эффекты, которые были сопоставимы с таковыми для эталонного лекарственного средства диазепама [1].

Обнаружено, что HLDF-6 вовлечен в регуляцию содержания NMDA-рецепторов в мембранах, что коррелировало с изменением когнитивных функций мозга [4, 5]. Вместе с тем пептид HLDF-6 не влиял на плотность GABA-рецепторов и никотиновых холинорецепторов, но индуцировал уменьшение плотности рецепторов серотонина 5-HT<sub>2</sub> [5]. Сделано заключение, что механизм нейроактивности пептида HLDF-6 может реализовываться через его влияние на глутамат- и серотонинергические системы. Полагают, что психотропная активность HLDF-6 является перспективной для его введения в медицинскую практику в качестве высокоэффективного анксиолитического и ноотропного лекарственного средства при психических и неврологических заболеваниях.

Необходимо отметить, что нейронные механизмы эффектов пептида HLDF-6 и возможность его участия в механизмах регуляции биоэлектрической активности и синаптической пластичности не исследовались.

Цель исследования: на полуинтактных препаратах виноградных улиток изучить влияние пептида HLDF-6 на свойства электрогенной мембраны и ответы, вызванные различными сенсорными раздражениями гигантских интернейронов оборонительно-го поведения ЛПл1.

### Материалы и методы исследования

Опыты проводили на интернейроне оборонительного поведения ЛПл1 полуинтактного препарата виноградных улиток *Helix lucorum* [6]. Показано, что этот нейрон играет важную роль в механизмах оборонительных реакций и их пластических перестройках при разных формах обучения [6]. Перед операцией животное анестезировали охлаждением в смеси воды со льдом в течение 30–40 мин и введением в полость тела непосредственно перед операцией 100–150 мг MgCl<sub>2</sub>, разведенного в 2 мл физиологического раствора. У улиток удаляли раковину и рассекали по средней линии переднюю часть ноги за исключением ее головного конца. Затем улитку помещали в ванночку, заполненную парафином, и фиксировали вокруг окологлоточного комплекса ганглиев (ЦНС) силиконовое кольцо объемом 200 мкл, в которое постоянно поступал физиологический раствор со скоростью 500 мкл/мин. Отведение биоэлектрической активности нейронов осуществляли стандартными электрофизиологическими методами с помощью стеклянных микроэлектродов, заполненных смесью 2 М раствора цитрата калия и 2М KCl в соотношении 1:1. Electroды имели диаметр кончика менее 1 мкм и сопротивление около 30 МОм.

Пептид HLDF-6 (Thr-Gly-Glu-Asn-His-Arg-NH<sub>2</sub>) синтезирован в Институте биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН и предоставлен для нейрофизиологических исследований чл.-корр. РАН В.М. Липкиным. Пептид HLDF-6 апплицировали к ЦНС улитки в течение 60 мин в дозах 10 нМ или 1 мкМ.

Для тестирования реакций нейронов на сенсорные раздражители применяли слабый раствор хинина (0,25%) и тактильные стимулы. Ранее нами показано, что синаптические входы нейрона ЛПл1, возбуждаемые данными стимулами, избирательно регулируются внутриклеточными сигнальными системами [6]. Хинин в объеме 600 мкл апплицировали в течение 30 с на кожу передней части головы улитки. Через 2 мин после окончания аппликации голову животного отмывали физиологическим раствором. Тактильные раздражения наносили на голову или на среднюю часть ноги с помощью электромеханического устройства (давление 1500 г/см<sup>2</sup>) [6]. В ответах, вызванных сенсорными раздражениями, оценивали площадь (в мВ·с) характерных для интернейронов улитки медленных ВПСП (возбуждающих постсинаптических потенциалов, мВПСП). Измерение площади производили с помощью прибора Digitizer KD 4030В (фирма Graphtec, Япония) и специальной компьютерной программы. Тестирующие раздражения наносили с интервалом 15–20 мин в течение 1–1,5 ч до подведения пептида, во время его подведения, а также в течение 2–2,5 ч после начала его отмывания. Последовательность нанесения стимулов – химического раздражения головы, тактильного раздражения ноги и головы – меняли в каждом опыте. В работах, выполненных нами ранее [3], показано, что стабильность синаптических ответов у нейронов сохраняется на протяжении 5–6 ч эксперимента. Так как у некоторых нейронов генерация потенциалов действия препятствовала измерению площади мВПСП, ответы на раздражители регистрировали при гиперполяризации мембраны до 80 мВ.

Возбудимость плазматической мембраны нейронов оценивали по количеству потенциалов действия, генерируемых при пропускании через внутриклеточный электрод прямоугольного импульса тока положительного направления силой 1 нА в течение 10 с.

В качестве контроля использовали нейроны ЛПл1, к которым подводили физиологический раствор, не содержащий HLDF-6. У этих клеток регистрировали на протяжении 4–5 ч такие же показатели спонтанной и вызванной активности, как у нейронов, к которым подводили пептид.

Всего исследовано 16 нейронов, к которым подводили пептид в дозе 10 нМ, 8 нейронов, к которым апплицировали пептид в дозе 1 мкМ и 10 контрольных нейронов.

Полученные данные выражали в процентах, по отношению к исходным значениям (100%), усредняли и вычисляли стандартную ошибку средней. Для оценки уровня достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента.

### Результаты исследования и их обсуждение

Аппликации пептида HLDF-6 в дозе 10 нМ вызвали небольшую деполяризацию мембраны нейронов (n = 16) на 4–5 мВ и увеличение ее возбудимости на 50–70% (рис. 1). Эффекты проявлялись через не-

сколько минут после начала подведения пептида и достигали максимума через 20–40 мин. При отмывании пептида наблюдали постепенное восстановление (в течение десятков минут) исходных величин мембранного потенциала и возбудимости. Есть основания полагать, что пептид HLDF-6 действует на мембранный потенциал и возбудимость мембраны через разные механизмы. Об этом свидетельствует отсутствие в ряде случаев корреляции между изменениями этих показателей активности клетки. Мембранные эффекты пептида могут опосредоваться их участием в регуляции активности  $\text{Ca}^{2+}$  каналов нейронов [7].

Аппликации слабого 0,25%-ного раствора хинина на кожу головы моллюска вызвали в нейроне ЛПл1 генерацию мВПСП, площадь которого составляла  $309 \pm 42$  мВ·с (рис. 1). Площади мВПСП в ответах нейрона на тактильные раздражения, наносимые на голову и среднюю часть ноги, составляли соответственно  $175 \pm 29$  и  $121 \pm 17$  мВ·с.

Во время подведения пептида HLDF-6 в дозе 10 нМ не обнаружено существенного изменения ответов нейронов ( $n = 16$ ) на тестирующие сенсорные химические раздражения. В частности, на 50–60 мин по-

сле начала подведения пептида площади мВПСП в ответах на хинин не отличались от исходных значений и ответов на хинин у нейронов ( $n = 10$ ) контрольных животных (рис. 1,  $p > 0,05$ )

Через 10–20 мин после начала отмывания пептида выявлена выраженная депрессия ответов, вызванных аппликациями слабого раствора хинина на голову улитки (рис. 1). Через 60–70 мин после начала отмывания пептида площади мВПСП в ответах на хинин были на 50–70% меньше таковых в ответах на хинин у нейронов контрольных животных и в исходных реакциях ( $p < 0,01$ ; рис. 1). Эффект сохранялся до окончания эксперимента (не менее 2-х часов).

Во время подведения пептида HLDF-6 (10 нМ) к нейронам ЛПл1 ( $n = 16$ ) и его отмывания отмечена тенденция к депрессии ответов нейронов на тактильные раздражения головы (на 15–30% от исходной величины реакций и ответов нейронов у контрольных животных), однако эффект был не достоверен ( $p > 0,05$ ; рис. 2). Ответы нейронов ( $n = 16$ ) на тактильные раздражения ноги сохранялись относительно стабильными как во время подведения пептида, так и после его отмывания (рис. 3).

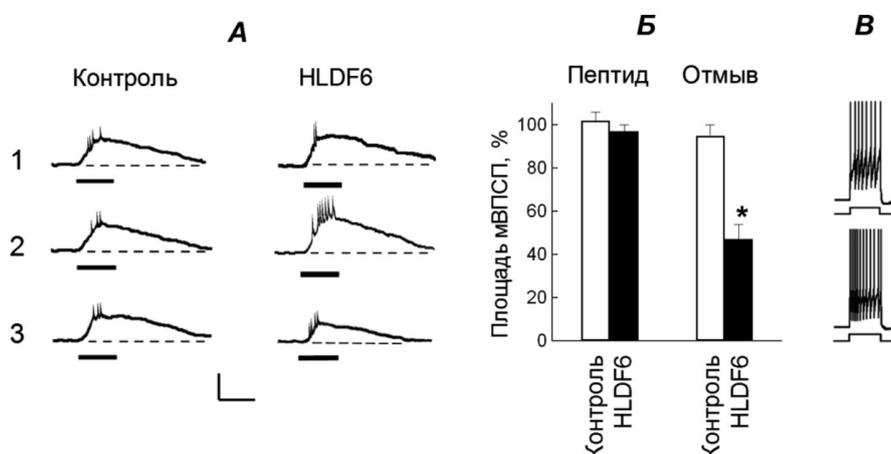


Рис. 1. Действие пептида HLDF-6 на возбудимость и ответы интернейрона оборонительного поведения ЛПл1, вызванные раздражениями хеморецепторов головы улитки. А. Нативные электрофизиологические реакции на 0,25% раствор хинина контрольного нейрона и нейрона, к которому подвели HLDF-6. 1 – исходные ответы; 2 – реакции через 50 мин после начала подведения пептида; 3 – ответы через 1 ч после начала отмывания пептида. Утолщенные линии под записями – моменты аппликации 0,25% хинина на голову улитки. Калибровка – 10 мВ/30 с. Ответы зарегистрированы во время гиперполяризации мембраны до 80 мВ. Б. Суммарный график реакций нейронов на раздражения хеморецепторов. По оси ординат показаны площади мВПСП в ответах на сенсорные стимулы, выраженные в процентах (за 100% приняты площади мВПСП до аппликации пептида). Надписи над графиками: пептид – реакции нейронов на 50–60 мин подведения пептида; отмыв – ответы на 60–70 мин после начала отмывания пептида. В. Измерение возбудимости плазматической мембраны нейрона при инъекции в клетку деполаризирующего импульса тока (1 нА, 10 с). Количество потенциалов действия во время подведения пептида (внизу) больше, чем при тестировании возбудимости перед его подведением.

\* –  $p < 0,01$ , по отношению к ответам контрольных нейронов и исходных реакций на хинин

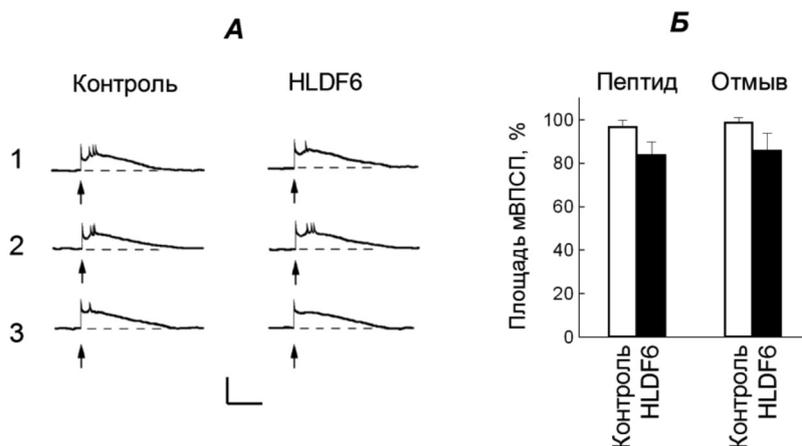


Рис. 2. Влияние пептида HLDF-6 на реакции нейрона ЛПл1, вызванные стимуляцией механорецепторов головы улитки. А. Реакции на тактильные раздражения отмечены стрелками. Остальные обозначения как на рис. 1

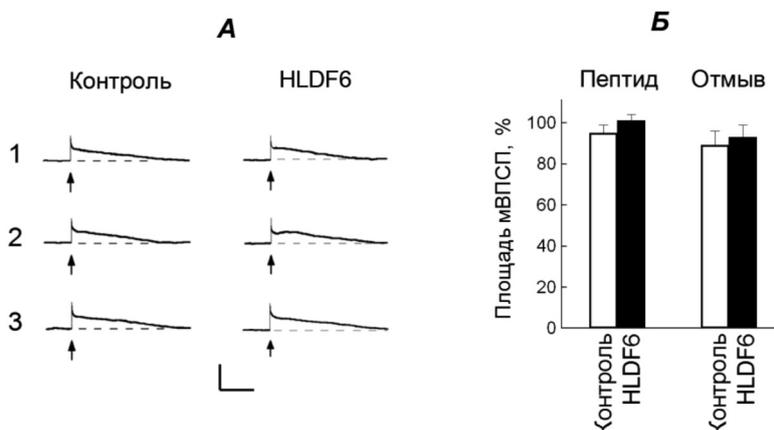


Рис. 3. Действие пептида HLDF-6 на ответы нейрона ЛПл1, вызванные стимуляцией механорецепторов середины ноги улитки. Остальные обозначения как на рис. 1 и 2

Направленность и динамика нейронных ( $n = 8$ ) эффектов пептида HLDF-6 в дозе 1 мкМ были сходны с таковыми для пептида в дозе 10 нМ. В частности, не обнаружено изменений реакций на сенсорные раздражения во время подведения пептида. Через 10–20 мин после окончания подведения пептида площади мВПСП в ответах на хинин были на 50–70 % меньше исходных значений и ответов контрольных нейронов ( $p < 0,01$ ). Реакции нейронов на тактильные раздражения головы и ноги после отмывания пептида не изменялись. В исследованиях на различных экспериментальных моделях у млекопитающих также показано сходство эффектов HLDF-6, применяемых в широком диапазоне доз [1, 5].

Таким образом, пептид HLDF-6 в дозах 10 нМ и 1 мкМ оказывал влияние как на электрофизиологические свойства мембраны интернейронов оборонительного поведения ЛПл1 и ППл1, так и на эффективность синаптической передачи. Следует отметить избирательность эффектов пептида по отношению к определенному сенсорному «входу» нейронов – депрессия ответов, вызванных сенсорными раздражениями хеморецепторов головы улитки при отсутствии изменений ответов на раздражение механорецепторов головы и ноги животного.

Ранее мы обнаружили, что сходный по динамике, но противоположный по направленности эффект на нейрон ЛПл1 оказывает опиоидный пептид лей-

энкефалин [6]. В частности, подведение этого пептида в течение 1 ч не влияло на реакции нейронов, вызванные раздражениями головы улитки слабым раствором хинина. Однако через 50–60 мин после окончания подведения пептида выявлено выраженное облегчение реакций на химическую стимуляцию головы. Эффект был специфичен для лей-энкефалина, поскольку аппликации другого опиоида мет-энкефалина не оказывали влияния на ответы, вызываемые хинином. Кроме того, эффекты лей-энкефалина устранялись антагонистом опиоидных рецепторов налоксоном. Нельзя исключить, что лей-энкефалин и пептид HLDF-6 оказывают разнонаправленное влияние на одну и ту же молекулярную клеточную «мишень», которая вовлечена в регуляцию синаптических возбуждений от хеморецепторов головы улитки.

Эти результаты согласуются с данными о взаимодействии пептида HLDF-6 и эндогенной опиатной системы ЦНС млекопитающих. В частности, было установлено, что HLDF-6 отменял анальгетический эффект агонистов  $\mu$ - и  $\kappa$ -рецепторов опиоидов [7]. Механизмы модуляторного эффекта HLDF-6 на опиоидную систему пока неясны. Известно, что связывание рецептор-специфических агонистов с опиатными рецепторами разных типов на поверхности спленцитов или клеток HL-60 приводило к снижению активности аденилатциклазы и уровня цАМФ в клетках [8, 9]. Ранее мы обнаружили [6], что в процессах синаптической пластичности в сенсорных входах нейронов ЛПл1 от хеморецепторов головы избирательно участвуют цАМФ и зависимые от него транскрипционные факторы немедленного раннего гена С/ЕВР (CAAT/enhancer binding protein). Эти факты подтверждают предположение о возможности влияния HLDF-6 на активность ранних генов [3].

Другим возможным молекулярным субстратом, вовлекаемым в реализацию эффектов пептида HLDF-6 на нейронах ЛПл1, являются NMDA рецепторы глутамата. Нами обнаружено, что выработка простой формы обучения – ноцицептивной сенситизации в условиях действия антагонистов NMDA рецепторов не оказывала влияния на ответы нейронов ЛПл1, вызываемые тактильными раздражениями головы или ноги животных, однако индуцировали выраженную депрессию ответов нейронов на химические сенсорные раздражения головы улитки, сохраняющуюся длительное время [6]. Таким образом, обнаруженный нами депрессивный эффект

пептида HLDF-6 на синаптическую передачу может опосредоваться через NMDA рецепторы. Это предположение согласуется с данными, полученными в исследованиях на млекопитающих, в которых показано, что HLDF-6 избирательно вовлечен в механизмы регуляции содержания NMDA рецепторов на мембранах [1, 5].

### Заключение

В исследованиях на идентифицированных нейронах оборонительного поведения виноградной улитки ЛПл1 нами обнаружено, что пептид HLDF-6 в широком диапазоне доз избирательно индуцировал депрессию синаптических реакций на раздражения хеморецепторов головы улитки, не влияя на синаптические ответы нейронов, вызванные стимуляцией механорецепторов головы и ноги. Синаптическая депрессия развивалась после отмывания пептида и сохранялась продолжительное время. Этот эффект мог реализоваться через различные молекулярные компоненты системы сигнальной трансдукции нейрона. В частности, пептид может быть вовлечен в регуляцию функций NMDA рецепторов глутамата, изменение содержания цАМФ в нейронах, активации транскрипции зависимого от цАМФ раннего гена С/ЕВР. Эффект пептида HLDF-6 был противоположен по направленности действия опиоидного пептида лей-энкефалина, который также избирательно вовлечен в регуляцию синаптического входа от хеморецепторов головы животного, однако вызывал облегчение ответов в этом входе после отмывания пептида. Полученные результаты важны для изучения специфических молекулярных механизмов, вовлекаемых в синапс-специфическую пластичность, лежащую в основе процессов обучения и памяти. Кроме того, данные, полученные на одном нейроне, не только подтверждают и удивительно однозначно соотносятся с результатами, полученными на разных экспериментальных объектах, но и позволяют определить перспективы дальнейших исследований механизмов действия пептида. В частности, представляется интересным изучить возможность участия пептида HLDF-6 в регуляции транскрипции раннего гена С/ЕВР.

### Список литературы

1. Богачук А.П., Сторожева З.И., Телегин Г.Б., Чернов А.С., Прошин А.Т., Шерстнев В.В., Золотарев Ю.А., Липкин В.М. Специфическая активность амидной формы пептида hldf-6: изучение на трансгенной модели болезни Альцгеймера // Acta Naturae. 2017. № 3 (34). С. 68–74.
2. Костянян И.А., Сторожева З.И., Семёнова Н.А., Липкин В.М. Пептид HLDF-6 уменьшает когнитивные дис-

функции и поражения мозга, вызванные хронической ишемизацией головного мозга крыс // Док. Акад. наук. 2009. № 4. С. 565–569.

3. Sewell R.D., Gruden M.A., Pache D.M., Storozheva Z.I., Kostanyan I.A., Proshin A.T., Yurashev V.V., Sherstnev V.V. Does the human leukaemia differentiation factor fragment HLDF6 improve memory via brain DNA and protein synthesis? *J. Psychopharmacol.* 2005. vol. 19. № 6. P. 602–608.

4. Bogachouk A.P., Storozheva Z.I., Solovjeva O.A., Sherstnev V.V., Zolotarev Y.A., Azev V.N., Rodionov I.L., Surina E.A., Lipkin V.M. Comparative study of the neuroprotective and nootropic activities of the carboxylate and amide forms of the HLDF-6 peptide in animal models of Alzheimer's disease. *J. Psychopharmacol.* 2016. vol. 30. № 1. P. 78–92.

5. Zolotarev Y.A., Dadayan A.K., Myasoedov N.F., Kovalev G.I., Kondrakhin E.A., Vasileva E.V., Kost N.V., Voevodina M.E., Sokolov O.Y., Bogachuk A.P., Lipkin V.M., Azev V.N. Anxiolytic activity of the neuroprotective peptide HLDF-6 and its effects on brain neurotransmitter systems in BALB/c and C57BL/6 mice. *J. Psychopharmacol.* 2016. vol. 30. № 9. P. 922–935.

6. Никитин В.П. Новый механизм синапс-специфической нейрональной пластичности // Российский физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2006. № 4. С. 402–419.

7. Сысоева Г.М., Даниленко Е.Д., Масычева В.И., Самуков В.В., Костанян И.А. Влияние пептида HLDF6 на пролиферативную активность спленоцитов в культуре клеток на фоне введения рецепторов опиатных агонистов // Сибирский мед. журн. Томск, 2009. № 4–1. С. 55–59.

УДК 615.451.1:616-002.3-085

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МАЗЕЙ И АНТИСЕПТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

<sup>1</sup>Ниязов Б.С., <sup>1</sup>Динлосан О.Р., <sup>2</sup>Уметалиев Ю.К., <sup>2</sup>Овчаренко К.Е., <sup>3</sup>Акматов Т.А.

<sup>1</sup>*Кыргызский государственный медицинский институт переподготовки и повышения квалификации им. С.Б. Даниярова, Бишкек, e-mail: khalif.kgma@gmail.com;*

<sup>2</sup>*Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек;*

<sup>3</sup>*Национальный хирургический центр, Бишкек*

Проведен анализ результатов экспериментального исследования течения раневого процесса на 72 кроликах при лечении мазью «Левомеколь» и антисептического препарата 10% Повидон-йода. Животные были разделены на 2 однородные опытные группы по 24 особи в каждой после 3- и 30-дневного пребывания в условиях высокогорья и группу сравнения, находящиеся в условиях г. Бишкека. Динамику раневого процесса изучали при помощи планиметрического и гистологического методов исследования на 3, 7, 15 и 20 день лечения. В ходе сравнения полученных результатов исследования отмечена высокая эффективность заживления ран у экспериментальных животных при комплексном применении мази «Левомеколь» и 10% Повидон-йода после 3-дневного пребывания в условиях высокогорья: на 3-й день лечения площадь ран в опытной группе I равна –  $1954,0 \pm 1,4$  мм<sup>2</sup>, на 7-й день наблюдения этот показатель составил –  $844,8 \pm 15,8$  мм<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ), к 15-м суткам лечения отмечается значительное уменьшение площади раны – до  $59,5 \pm 5,0$  мм<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ), а к концу исследования у всех экспериментальных животных данной группы рана затянулась и представлена в виде мягкого рубца. У животных после месячного пребывания в горах отмечается неблагоприятное, затяжное течение заживления: уже на 7-й день исследования отмечается замедленное уменьшение площади раны –  $913,6 \pm 5,3$  мм<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ), на 15-е сутки площадь ран составила  $387,0 \pm 6,8$  мм<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ) и к 20-му дню лечения площадь раны была  $155,1 \pm 1,1$  мм<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ).

**Ключевые слова:** высокогорье, деадаптация, раневой процесс, Левомеколь, Повидон-йод

## EFFECTIVENESS OF COMPLEX APPLICATION OF OINTMENTS AND ANTISEPTIC MEDICINE IN TREATMENT OF FESTERING WOUNDS OF SOFT TISSUES IN EXPERIMENT

<sup>1</sup>Niyazov B.S., <sup>1</sup>Dinlosan O.R., <sup>2</sup>Umetaliev Yu.K., <sup>2</sup>Ovcharenko K.E., <sup>3</sup>Akmatov T.A.

<sup>1</sup>*Kyrgyz State Medical Institute of post-graduate training and continuous education named S.B. Daniyarov, Bishkek, e-mail: khalif.kgma@gmail.com;*

<sup>2</sup>*I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek;*

<sup>3</sup>*National Surgical Center, Bishkek*

Experimental studies results analysis of wound process of 72 rabbits in the treatment with the ointment «Levomekol» and antiseptic medicine 10% povidone-iodine. After being kept in a high mountain region for 3 and 30-days, and the comparison experiment group in conditions of Bishkek, animals were divided into 3 similar experienced groups of 24 in each. The dynamics of wound process was studied by planimetric and histological methods results of research on 3th, 7th, 15th and 20th day of treatment. In the progress of comparison of obtained results was noted high wound healing efficiency in experimental animals after complex application of the ointment «Levomekol» and 10% povidone – iodine after staying in the high mountain region for 3 days: on the 3rd day of treatment, the wound area in test group I was –  $1954,0 \pm 1,4$  mm<sup>2</sup>, on the 7th day of observation it was  $844,8 \pm 15,8$  mm<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ), on the 15th day of treatment wound area was reduced to  $59,5 \pm 5,0$  mm<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ), and by the end of the study, in all experimental animals of this group, the wound the wound healed and presented in the form of soft scar. The animals after a month' staying in high efficiency mountains was obtained adverse and prolonged period of healing: on the 7th day of the study there was slow reduction of the wound area –  $913,6 \pm 5,3$  mm<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ), on the 15th day the area was  $387,0 \pm 6,8$  mm<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ) and on the 20th day of treatment the wound area was  $155,1 \pm 1,1$  mm<sup>2</sup> ( $p \leq 0,005$ ).

**Keywords:** highlands, readaptation, wound process, Levomekol, Povidone-iodine

В последние полвека в связи с резким возросшим переселением населения и разработками горнодобывающей промышленности в высокогорных районах Кыргызской Республики, привели к нахождению людей в условиях больших высот, которые затем в последующем возвращаются к условиям среднегорья, что приводит к ряду проблем медико-биологического и социального зна-

чения. Деадаптивные процессы представляют собой выражение регресса любой адаптации, при этом подготавливая необходимые механизмы для создания новых реакций адаптации организма в соответствии с изменениям окружающей среды [1–3].

Невзирая на обилие фармакологических препаратов и способов введения больных с гнойно-воспалительными заболеваниями

мягких тканей и послеоперационных гнойных осложнений проблема все еще остается весьма актуальной в современной хирургии [4–6]. Местное применение различных лекарственных средств является неотъемлемой составляющей, а иногда и основным методом в лечении гнойных ран [7]. Однако к нынешним временам возбудители ран подверглись значительным изменениям, проявившимся в виде резистентности к современным препаратам антибактериальной терапии [8, 9]. Распространённые мази, которые практикующие хирурги до сих пор используют в лечении ран, хотя и не потеряли свою противомикробную способность, в частности, к значимым возбудителям хирургической инфекции, но весьма заметно стало снижение воздействия на продолжительность заживления этих ран [5]. В связи с этим требования, предъявляемые к новым разрабатываемым антисептикам для лечения гнойных ран – поддержание чувствительности микроорганизмов на высоком уровне [10]. В ходе применения антисептиков на водной основе, последние смешиваются с раневым отделяемым и их концентрация в ране снижаются, что ведет к раннему высыханию [11, 12]. В связи с этим многие исследователи предлагают заменять на полимерные антисептики, обладающими пролонгированными свойствами высвобождения активного компонента [12, 13]. К числу последних на рынке фармацевтических компаний в большом количестве представлены препараты из группы йодофоров, представляющие собой комплексные соединения йода с поливинилпирролидоном.

Цель исследования: провести оценку заживления экспериментальных гнойных ран в период деадаптации к высокогорью при комплексном применении мази и антисептического раствора.

#### Материалы и методы исследования

Работа выполнена на базе двух научно-исследовательских лабораторий Национального хирургического центра и Кыргызской государственной медицинской академии им. И.К. Ахунбаева на перевале Туя-Ашуу. Материалом для исследования послужили 72 беспородных разнополых кролика. Экспериментальные животные были разделены на 3 группы по 24 кролика в каждом. Экспериментальные исследования в контрольной группе были проведены в условиях г. Бишкека, животные которые все время пребывали там же. Опытные группы I и II представлены экспериментальными животными, которые после 3- и 30-дневного пребывания в условиях высокогорной базы ЦНИИЛ (3200 м над уровнем моря) вновь возвращены в г. Бишкек. Содержание животных проводилось строго в соответствии с нормативными документами ГОСТ «Содержание экспериментальных животных в питомниках НИИ» 1964 г.

Во время проведения экспериментальных исследований были соблюдены правила лабораторной практики (GLP), в соответствии с правилами гуманного обращения с экспериментальными животными, участвующими в опытах, указанные в «Правилах проведения работ с использованием экспериментальных животных», (1984 г.), а также в соответствии с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г.

Модель стандартной гнойной раны мягких тканей у экспериментальных животных получали по следующей методике: После начала наркоза, в положении животного на брюшке, в межлопаточной области на область планируемой модели раны наносились контуры раны диаметром до 5 см. Послойно рассекалась кожа с шерстью и поверхностная фасция и проводили надсечки в мышцах. Далее сформированный кожный лоскут с шерстью переворачивали обратной стороной к поверхности раны и непрерывным швом капроновой нитью № 4 фиксировали к свободному краю раны и поверхностной фасции на протяжении всего края раневого дефекта. Удаление подшитого лоскута проводили через 2 суток. Сразу же после удаления лоскута 1 раз в день проводили перевязки путем накладывания на раневую поверхность повязку, предварительно пропитанную антисептическим раствором на основе соединения йода с поливинилпирролидоном (10% Повидон-йод) и мазью Левомеколь, при этом предварительно мазь прогревают на водяной бане при температуре 36°C до жидкого состояния и смешивают с антисептическим раствором в равной пропорции (Рационализаторское предложение № 845 от 17 июля 2017 г., Кыргызпатент). Оценку эффективности лечения смоделированной раны авторы проводили на 3-е, 7-е, 15-е и 20-е сутки наблюдения, используя определение площади раны по Л.Н. Поповой (1942 г.), индекса заживления и гистологического метода исследования.

Все данные были обработаны с помощью компьютерной программы SPSS 23.0. Последовательно была проведена проверка на нормальности распределения количественных признаков и сравнения по количественному признаку (ANOVA), с использованием апостериорно критерия Тьюки. Основные статистические характеристики представлены: М – среднее, s – стандартное отклонение, n – объем выборки. Статистически достоверными различиями считались при уровнях  $p \leq 0,05$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Средняя площадь смоделированной раны у всех экспериментальных животных на начало лечения была равнозначна и составляла  $1963 \pm 2,5 \text{ мм}^2$ .

Из табл. 1 видно, что на 3-й день от момента лечения наибольшее сокращение площади раны отмечено в контрольной группе, в которой составило  $1872,3 \pm 3,1 \text{ мм}^2$ , тогда как в опытной группе I –  $1954,0 \pm 1,4 \text{ мм}^2$ , а в опытной группе II –  $1959,1 \pm 1,4 \text{ мм}^2$ .

На 7-й день наблюдения отмечается схожая закономерность в группах. Наиболее замедленное уменьшение площади раны отмечено в опытной группе II, где она была –  $913,6 \pm 5,3 \text{ мм}^2$  ( $p \leq 0,005$ ), а в опытной группе I показатель составил  $844,8 \pm 15,8 \text{ мм}^2$

( $p \leq 0,005$ ), тогда как в контрольной группе –  $717,3 \pm 46,3 \text{ мм}^2$ .

Весьма значительные различия были отмечены к 15-м суткам исследования: площадь раны в группе после кратковременного пребывания в горах составила –  $59,5 \pm 5,0 \text{ мм}^2$  ( $p \leq 0,005$ ). В эти же сроки в группе после длительного пребывания в условиях высокогорной базы отмечено замедление процесса сокращения площади ран, составив  $387,0 \pm 6,8 \text{ мм}^2$  ( $p \leq 0,005$ ), для сравнения, в контрольной группе она уменьшилась до  $172,0 \pm 80,1 \text{ мм}^2$ . На 20 день лечения в опытной группе I у всех экспериментальных животных рана затянулась и представлена в виде мягкого рубца. В контрольной группе у 50% животных также рана зажила, у остальных площадь раны составила  $29,5$  ( $0; 76,0$ )  $\text{мм}^2$ , а в опытной группе II площадь раны была  $155,1 \pm 1,1 \text{ мм}^2$  ( $p \leq 0,005$ ).

Из полученных данных показателя точного уменьшения площади ран в процессе лечения, сформулированы результаты, отраженные в табл. 2. В периоде деадаптации идет достоверно замедленное сокращение площади ран в опытных группах I и II. К 3 дню от момента лечения при сравнительном анализе отмечены равнозначные показатели в опытной группе I ( $M_2$ )

и II ( $M_3$ ), которые составили  $0,15 \pm 0,02\%$  ( $p > 0,05$ ) и  $0,06 \pm 0,02\%$  ( $p > 0,05$ ) и достоверно значимо отличались от контрольной группы ( $M_1$ ) –  $1,54 \pm 0,05\%$  ( $p < 0,05$ ).

В ходе сравнительного анализа отмечено, что у животных после длительного пребывания в условиях гор скорость заживления замедлена и на 7-й день эксперимента составила  $13,34 \pm 0,07\%$  за сутки ( $p < 0,05$ ), а после кратковременного пребывания ускорена –  $14,19 \pm 0,20\%$  ( $p > 0,05$ ) за сутки по отношению к предыдущему дню наблюдения. Для сравнения у животных контрольной группы она равна была  $15,42 \pm 0,62\%$ . Ускорение процесса заживления в опытной группе I было замечено как на 15-е, так и на 20-е сутки эксперимента, составив  $11,62 \pm 0,07\%$  и  $20,0 \pm 0,0\%$  ( $p < 0,05$ ) за сутки по отношению к данным полученные в предыдущем наблюдении. Рана к концу эксперимента полностью затянулась.

Медленное заживление экспериментальной гнойной раны у животных опытной группы после 30-дневной адаптации к высокогорным условиям отмечалось во всех днях наблюдения. Так, на 15-й день индекс заживления равен  $7,2 \pm 0,12\%$  ( $p < 0,05$ ) за сутки, а на 20-е сутки лечения –  $11,97 \pm 0,11\%$  ( $p < 0,05$ ) за сутки по отношению к 15 дню.

Таблица 1

Площадь ран в исследуемых группах в процессе лечения ( $\text{мм}^2$ ,  $M \pm s$ )

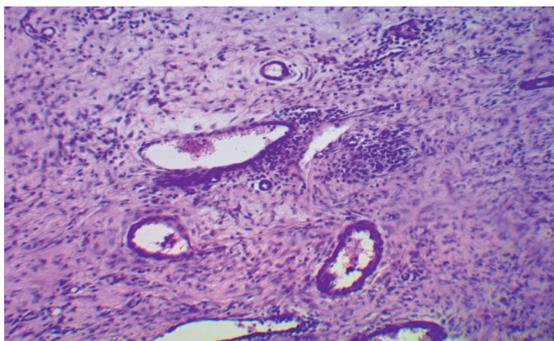
Дни исследования	Группы экспериментальных животных		
	Контрольная группа $M_1 \pm s$	Опытная группа I $M_2 \pm s$	Опытная группа II $M_3 \pm s$
3 день	$1872,3 \pm 3,1$	$1954,0 \pm 1,4$	$1959,1 \pm 1,4$
p		$M_1-M_2 < 0,05$ $M_2-M_3 < 0,05$	$M_1-M_3 < 0,05$
7 день	$717,3 \pm 46,3$	$844,8 \pm 15,8$	$913,6 \pm 5,3$
p		$M_1-M_2 < 0,05$ $M_2-M_3 < 0,05$	$M_1-M_3 < 0,05$
15 день	$172,0 \pm 80,1$	$59,5 \pm 5,01$	$387,0 \pm 6,83$
p		$M_1-M_2 < 0,05$ $M_2-M_3 < 0,05$	$M_1-M_3 < 0,05$
20 день	$36,1 \pm 40,4$	0	$155,1 \pm 1,1$
p		$M_1-M_2 < 0,05$ $M_2-M_3 < 0,05$	$M_1-M_3 < 0,05$

Таблица 2

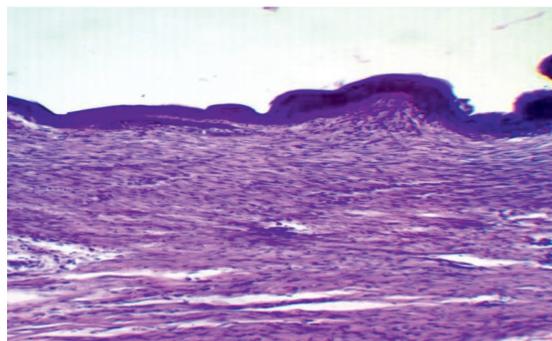
Индекс заживления ран в исследуемых группах ( $\%$ ,  $M \pm s$ )

Дни исследования	3 сутки	7 сутки	15 сутки	20 сутки
Контрольная группа	$1,54 \pm 0,05$	$15,42 \pm 0,62$	$9,56 \pm 1,20$	$17,05 \pm 3,27$
Опытная группа I	$0,15 \pm 0,02^*$	$14,19 \pm 0,20^*$	$11,62 \pm 0,07^*$	$20,0 \pm 0,0^*$
Опытная группа II	$0,06 \pm 0,02^{**}$	$13,34 \pm 0,07^{**\#}$	$7,2 \pm 0,12^{**\#}$	$11,97 \pm 0,11^{**\#}$

Примечание. \* –  $M_1-M_2 p < 0,05$ ; \*\* –  $M_1-M_3 p < 0,05$ ; # –  $M_2-M_3$ .



*Рис. 1. Морфологическая картина раны на 7-й день комплексного применения мази и антисептического раствора в группе после 3-дневного пребывания в горах. Окр. гематоксилин-эозин. Ув. x 280*



*Рис. 2. Морфологическая картина раны на 15-й день комплексного применения мази и антисептического раствора в группе после 3-дневного пребывания в горах. Окр. гематоксилин-эозин. Ув. x 280*

При гистологических исследованиях раневых биоптатов во всех группах на 3-й день лечения рана покрыта фибринозно-гнойными массами, выражено гнойное (флегмонозное) воспаление; множество мышечных клеток в состоянии глубокой дистрофии, отдельные в состоянии некроза. По периферии раны имеются единичные соединительнотканнные клетки; капсулы или грануляционной ткани вокруг раны нет. По периферии и в толще гноя имеются колонии бактерий. На некотором удалении от раны имеется разрастание грануляционной ткани с множеством сосудов.

На 7-е сутки наблюдения в контрольной и опытной группе I на поверхности раны имеется гнойное воспаление (рис. 1). На некоторых участках в дерме отмечается разрастание грануляционной ткани разной степени зрелости, где-то уже сформированные сосуды с оформленными волокнами, где-то молодая грануляционная ткань с большим количеством лимфоцитов, лейкоцитов и макрофагов. В опытной группе II сохраняется выраженное гнойное воспаление с дистрофически измененными мышечными клетками и полнокровными сосудами. Воспалительный процесс довольно глубоко ушел в толщу дермы и подлежащие ткани.

На 15-е сутки наблюдений в опытной группе I рана частично покрыта многослойным эпителием, строение обычное: эпителий с придатками, далее коллагенизированная дерма и мышечный слой с многочисленными сосудами. Этот участок плавно переходит в зону зрелой грануляционной ткани с «наполнением» на нее многослойного эпителия (рис. 2).

В контрольной группе рана представлена без эпителиального покрытия. На значительном отдалении от поверхности,

в глубине дермы имеется поле созревшей грануляционной ткани со зрелыми клетками и волокнистыми структурами. Мышечные клетки в глубине дермы практически не изменены. В опытной группе II рана покрыта гнойно-некротической массой, которая местами вдаётся вглубь дермы, воспаление в ране держится, между волокнами дермы имеются лимфо-лейкоцитарные инфильтраты разной степени выраженности.

На 20-й день лечения в опытной группе I рана полностью зажила, представлена многослойным плоским эпителием, который неравномерно утолщен и имеет многочисленные акантотические выросты. В контрольной группе у половины животных гистологическая картина представлена как в опытной группе, у остальных рана представлена грануляционной тканью, с участками, покрытыми эпителием. К концу исследования, рана в опытной группе II была представлена лишь грануляционной тканью, которая заполняла все раневую поверхность, с множественными сосудами, без явлений воспаления.

Таким образом, результаты исследования и сравнительная их оценка указывают, что при комплексном применении мази и антисептического препарата у животных, которые были кратковременно адаптированы к условиям высокогорья, течение раневого процесса было значительно лучше, при сравнении с неадаптированными животными в 3 раза, которые были замечены с 15 дня наблюдения. Площадь раны при этом в опытной группе I составила  $59,5 \pm 5,0$  мм<sup>2</sup>, а у неадаптированных животных –  $172,0 \pm 80,1$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ). В опытной группе II отмечается неблагоприятное течение заживления по сравнению с контрольной группой на 15 день наблюде-

ния в 2 раза, а к 20 дню в 5 раз, связанное с увеличением продолжительности I фазы раневого процесса.

### Список литературы

1. Меерсон Ф.З. Адаптация, деадаптация и недостаточность сердца. М.: Медицина, 1978. 344 с.
2. Миррахимов М.М., Гольдберг П.Н. Горная медицина. Фрунзе: Кыргызстан, 1978. 182 с.
3. Мираков Р.С., Мираков Х.М., Мухамедова С.Г. Особенности изменения электролитного баланса у собак с единственной резецированной почкой при реадaptации к высокогорью // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2013. Т. 66, № 1. С. 82–87.
4. Бабушкина И.В. Наночастицы металлов в лечении экспериментальных гнойных ран // Саратовский научно-медицинский журнал. 2011. Т. 7, № 2. С. 530–533.
5. Блатун Л.А. Местное медикаментозное лечение ран // Хирургия. 2011. № 4. С. 51–59.
6. Плотников Ф.В. Комплексное лечение пациентов с гнойными ранами в зависимости от способности микроорганизмов-возбудителей формировать биопленку // Новости хирургии. 2014. Т. 22, № 5. С. 575–581.
7. Григорьян А.Ю., Бежин А.И., Панкрушева Т.А., Иванов А.В., Жилиева Л.В., Кобзарева Е.В. Лечение гнойных ран с применением многокомпонентных мазей на основе энтеросгеля // Сибирский медицинский журнал. 2011. Т. 107, № 8. С. 12–16.
8. Бондевич Д.Н., Лычиков А.А., Печенкин А.А. Инфекция в хирургии и современный хирургический шовный материал // Новости хирургии. 2007. Т. 15. № 3. С. 118–122.
9. Li Xiaomeng, Li Binghui, Ma Jun, Wang Xiaoyu, Zhang Shengming. Development of a silk fibroin / HTCC / PVA sponge for chronic wound dressing. J. Bioactive and Compatible Polymers. 2014. Vol. 29. № 4. P. 398–399.
10. Гостищев В.К. Клиническая оперативная гнойная хирургия: рук. для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 448 с.
11. Именов Д.А. и др. Местное медикаментозное лечение гнойных ран у больных с гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области и шеи // Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева. 2015. № 4. С. 88–95.
12. Воленко А.В., Куприков С.В., Воленко Р.А., Коломиец Е.В. Местная антибактериальная терапия раневой инфекции иммобилизованными антибактериальными препаратами в клинической и амбулаторной хирургии // Альманах клинической медицины. 2004. № 10. С. 54–58.
13. Мохова О.С. Современные методы лечения гнойных ран // Журнал анатомии и гистопатологии. 2013. Т. 2, № 4. С. 15–21.

УДК 616.89-008.441.13:616.15

## ОЦЕНКА ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА У БОЛЬНЫХ АЛКОГОЛИЗМОМ

Прокопьева В.Д., Ветлугина Т.П., Ярыгина Е.Г., Мандель А.И.

*Научно-исследовательский институт психического здоровья, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, e-mail: mental@tnimc.ru*

Исследован уровень окислительной модификации белков (карбонилированных белков, КБ) и липидов (ТБК-реактивных продуктов, ТБК-РП) плазмы крови, а также активность супероксиддисмутазы (СОД) в плазме и гемолизате эритроцитов крови больных алкогольной зависимостью в динамике стандартной антиалкогольной терапии: на 3–4 день после поступления пациента в стационар (1-я точка) и на 12–14 день терапии (2-я точка). Обнаружено статистически значимое повышение уровня КБ и ТБК-РП у больных в 1-ой точке обследования относительно соответствующих показателей здоровых лиц (контроля). Активность СОД как в плазме крови, так и в гемолизате у больных алкоголизмом в этот период (в 1-й точке) практически не отличалась от контроля. Дальнейшее лечение приводило к снижению карбонилированных белков и ТБК-реактивных продуктов плазмы крови до величин, статистически не отличающихся от контрольных. Активность СОД в плазме крови в группе пациентов через 12–14 дней лечения оставалась практически такой, как и в 1-й точке обследования, а в гемолизате эритроцитов достоверно увеличилась. Полученные данные позволяют рассматривать карбонилированные белки и ТБК-реактивные продукты, как и СОД, в качестве кандидатов для включения в состав комплексного биомаркера оценки эффективности терапии и устойчивости терапевтической ремиссии у больных алкогольной зависимостью.

**Ключевые слова:** окислительный стресс, белки, липиды, супероксиддисмутазы, кровь, алкоголизм

## EVALUATION OF PERIPHERAL OXIDATIVE STRESS MARKERS IN ALCOHOLIC PATIENTS

Prokopenko V.D., Vetlugina T.P., Yarygina E.G., Mandel A.I.

*Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, e-mail: mental@tnimc.ru*

The level of oxidative modification of proteins (carbonylated proteins, CP) and lipids (TBA-reactive products, TBA-RP) in blood plasma as well as activity of superoxide dismutase (SOD) in blood plasma and red blood cell hemolysate of patients with alcohol addiction in the time course of standard anti-alcohol therapy was investigated: by day 3 – 4 after admission of the patient in the hospital (point 1) and by day 12 – 14 of the therapy (point 2). The statistically significant increase in the level of CP and TBA-RP in patients at point 1 of the examination was found in relation to corresponding parameters of healthy persons (controls). In this period (point 1), SOD activity both in blood plasma and hemolysate in the group of alcoholic patients did not practically differ from control. Further therapy led to decrease in carbonylated proteins and TBA-reactive products of blood plasma up to values that did not differ statistically from control ones. SOD activity in blood plasma by days 12 – 14 after the therapy remained practically the same as at point 1 of the examination and it increased reliably in red blood cell hemolysate. The obtained data allowed considering carbonylated proteins and TBA-reactive products as well as SOD as candidates for integration into the complex biomarker of evaluation of the efficiency of the therapy and stability of therapeutic remission in patients with alcohol addiction.

**Keywords:** oxidative stress, proteins, lipids, superoxide dismutase, blood, alcoholism

Окислительный стресс (ОС) является важнейшим фактором патогенеза алкогольной зависимости и существенно влияет на характер клинического течения болезни, что доказано многочисленными исследованиями [1–3]. Измерение периферических маркеров ОС в динамике терапии больных алкогольной зависимостью может оказаться полезным для оценки эффективности проводимого лечения и прогноза устойчивости ремиссии, а выявление взаимосвязей маркеров окислительного стресса с клиническими проявлениями алкоголизма может явиться основой для разработки новых подходов к дифференциальной диагностике, созданию новых технологий и алгоритмов лечения и реабилитации больных алкогольной

зависимостью. В литературе описаны подходы, которые позволили по показателям окислительного стресса (карбонильным продуктам окисления белков, уровню SH-групп в плазме, уровню окисления липидов) выявлять группы пациентов с разными клиническими вариантами течения хронической ишемии мозга. Изучение взаимосвязей этих показателей с клиническими проявлениями заболевания позволило авторам разработать диагностические критерии, указывающие на неблагоприятный тип течения заболевания и риск развития инсульта [4]. В другой работе установлены достоверные различия по показателям интенсивности окислительного стресса в группах пациентов с различными клиническими формами

и стадиями рассеянного склероза, с использованием маркеров ОС разработаны новые критерии прогноза течения заболевания и рекомендации по лечению [5]. Ранее нами была показана целесообразность оценки выраженности окислительного стресса путем измерения окисленных белков и липидов плазмы крови у больных алкогольной зависимостью для назначения персонализированной антиоксидантной терапии [6].

Целью данной работы было исследование периферических маркеров ОС (окисленных белков и липидов плазмы крови, а также активности одного из важнейших антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутазы плазмы и гемолизата эритроцитов крови) у больных алкоголизмом в динамике стандартной антиалкогольной терапии для поиска наиболее информативных показателей, перспективных для разработки в дальнейшем критериев прогноза длительности ремиссии.

#### Материалы и методы исследования

В основную группу обследования вошли 38 мужчин, больных алкогольной зависимостью, находящихся на лечении в отделении аддиктивных состояний клиники НИИ психического здоровья Томского национального исследовательского медицинского центра РАН. Диагноз больных по МКБ-10 квалифицировался как «Психические и поведенческие расстройства в результате употребления алкоголя (синдром зависимости – F10.21 и синдром отмены – F10.30)». Средний возраст участников основной группы составил 44,5 (39,0–52,0) лет. В контрольную группу вошли 38 практически здоровых мужчин, которые не состояли на учете у психиатра или нарколога, не имели хронических соматических заболеваний в стадии обострения и не употребляли алкоголь, по крайней мере, последние 10 суток перед исследованием. Средний возраст участников контрольной группы составил 42,0 (34,0–53,0) лет (различия с основной группой по данному показателю статистически не значимы,  $p > 0,05$ ).

В основной группе исследование проводили в динамике терапии синдрома отмены и постабстинентного состояния: 1-я точка обследования – на 3–4 день после поступления пациента в стационар и проведения ему курса дезинтоксикационной терапии; 2-я точка – на 12–14 день стандартной терапии.

У всех участников исследования кровь брали из локтевой вены утром натощак с использованием стерильной системы однократного применения Vacutainer («Becton Dickinson», USA) с антикоагулянтом литий-гепарин. Плазму крови получали центрифугированием (10 минут, 3000 об/мин). Эритроцитарную массу трижды отмывали изотоническим раствором натрия хлорида и гемолизировали деионизованной водой в соотношении 1:10. Далее плазму крови и гемолизат эритроцитов разливали по 0,3 мл в пробирки для микропроб типа эппендорф, замораживали и хранили при  $-80^{\circ}\text{C}$  до исследования.

Окислительную модификацию белков плазмы крови оценивали по уровню карбонилированных белков (КБ) с использованием 2,4-динитрофенилгидразина (Panreac, Espana) [7]. Окислительную модификацию липидов – по содержанию ТБК-реактивных продуктов (ТБК-РП) с применением набора реактивов ТБК АГАТ (ООО «Агат-Мед», РФ). Активность СОД в плазме и гемолизате эритроцитов крови определяли, используя набор реактивов Superoxide Dismutase Assay Kit (Cayman Chemical Company, USA). Методики были адаптированы для измерения оптической плотности в планшетах (Orange scientific, Бельгия) на спектрофотометре ЕРОСН (BioTek Instruments, USA).

Исследование проводили с соблюдением принципов информированного согласия Хельсинкской декларации Всемирной Медицинской Ассоциации.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета компьютерных программ «Statistica 10». Данные представляли в виде медианы (Me) и межквартильного интервала (QL–QU). Оценку достоверности межгрупповых различий проводили с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни, для зависимой выборки использовали тест Вилкоксона. Значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Основные экспериментальные результаты исследования представлены в таблицах.

Как следует из данных, представленных в табл. 1, в плазме крови больных алкогольной зависимостью в 1-й точке обследования, проведенной после интенсивной дезинтоксикационной терапии и снятия выраженных проявлений абстинентного синдрома, обнаружено статистически значимое повышение уровня карбонилированных белков и ТБК-реактивных продуктов ( $p < 0,05$  для обоих показателей).

Таблица 1

Карбонилированные белки (КБ) и ТБК-реактивные продукты (ТБК-РП) в плазме крови больных алкоголизмом в динамике терапии синдрома отмены и постабстинентного состояния, Me (QL–QU)

Показатели	Больные алкоголизмом, n = 38		Контроль, n = 38
	1 точка (3–4 день терапии)	2 точка (12–14 день терапии)	
КБ, нмоль/мг	0,43 (0,37–0,51)*	0,41 (0,30–0,47)	0,35 (0,28–0,43)
ТБК-РП, нмоль/мл	3,5 (2,8–4,2)*	2,6 (2,3–3,1)	2,45 (2,10–2,80)

Примечание. \* $p < 0,05$  по сравнению с контролем и с соответствующей 2-й точкой.

Таблица 2

Активность супероксиддисмутазы (СОД) в плазме и гемолизате эритроцитов крови больных алкоголизмом в динамике терапии синдрома отмены и постабстинентного состояния, Me (QL–QU)

Показатели	Больные алкоголизмом, n = 38		Контроль, n = 38
	1 точка (3–4 день терапии)	2 точка (12–14 день терапии)	
СОД плазмы, ед. акт/мл	0,17 (0,13–0,19)	0,17 (0,15–0,21)	0,17 (0,13–0,19)
СОД гемолизата эритроцитов, ед. акт/мл	4,1 (3,9–4,3)	4,3 (4,2–4,5)*	4,0 (3,9–4,25)

Примечание. \*p < 0,05 по сравнению с контролем и с соответствующей 1-й точкой.

При этом активности супероксиддисмутазы как в плазме, так и в гемолизате эритроцитов крови пациентов в этот период (в 1-й точке обследования) практически не отличались от контроля (табл. 2).

Дальнейшее лечение привело к статистически значимому снижению в плазме крови пациентов как карбонилированных белков, так и ТБК-реактивных продуктов до величин, статистически не отличающихся от контрольных показателей (табл. 1, 2-я точка). Активность СОД плазмы крови в группе пациентов и через 12–14 дней лечения (во 2-й точке) не изменилась по сравнению с 1-й точкой обследования и была сопоставима с контролем. В гемолизате эритроцитов активность СОД во второй точке обследования достоверно повысилась как относительно первой точки, так и относительно контроля (табл. 2).

Полученные в настоящем исследовании результаты согласуются с данными литературы, свидетельствующими о снижении выраженности окислительного стресса у больных алкоголизмом в процессе терапии. Ранее в наших исследованиях для более эффективного купирования окислительного стресса были использованы антиоксидантные препараты [8, 9]. Рекомендации по использованию антиоксидантных соединений для купирования ОС у больных алкоголизмом даются в ряде обзорных статей [9–11]. Получены также положительные результаты коррекции окислительного стресса у больных алкогольной зависимостью при использовании технологии КВЧ-терапии – воздействию на организм электромагнитного излучения крайне высокой частоты низкой интенсивности в миллиметровом диапазоне [9, 12]. Оценка окислительного статуса больных алкоголизмом по уровню окисленных белков и липидов плазмы крови позволила выявить разную степень выраженности ОС у разных пациентов. Было обнаружено, что в процессе антиоксидантной терапии в разных груп-

пах пациентов, отличающихся исходным окислительным статусом, изменение уровня карбонилированных белков и продуктов ПОЛ в плазме крови происходит разнонаправленно: при отсутствии у больного при поступлении состояния ОС за время лечения может произойти его индукция, в то время как при выраженном ОС при поступлении на лечение после антиоксидантной терапии происходит его купирование [9]. Эти данные позволяют предполагать перспективность оценки исходного уровня окисленных белков и липидов плазмы крови и их динамики в процессе терапии и для прогноза длительности ремиссии.

Об изменении активности СОД плазмы (или сыворотки) крови, как и СОД гемолизата эритроцитов, больных алкоголизмом в процессе антиалкогольной терапии данные литературных источников весьма противоречивы. В работе М.С. Huang и соавторов (2009) показано, что на ранней стадии синдрома отмены алкоголя активность сывороточной СОД у пациентов снижена [3]. Однако R. Parthasarathy с соавторами (2015) сообщают о более высокой, по сравнению с контрольной группой, активности СОД у пациентов в состоянии алкогольной абстиненции [2]. В наших более ранних исследованиях было выявлено статистически значимое повышение СОД в плазме крови больных алкоголизмом в период абстиненции до начала терапии [12]. После 7 дней лечения у пациентов происходило снижение активности СОД в плазме крови, при этом в группе, в которой на фоне традиционного лечения применяли КВЧ-терапию, это снижение происходило быстрее [12]. В работе Высокогорского с соавторами (2006) было обнаружено, что у больных алкогольной зависимостью активность эритроцитарной СОД очень лабильна: в 1-е сутки пребывания пациента в стационаре она на 13% ниже нормы, на 3-и сутки лечения достоверно превышает значения здоровых лиц, а на 5-й и 10-й день не отличается от таковых [13]. Другие ис-

следователи показали, что у больных с тяжелой степенью алкогольного абстинентного синдрома после детоксикационной терапии активность СОД в гемолизате эритроцитов статистически достоверно ниже контрольных показателей [14]. Есть также данные о том, что у пациентов в состоянии абстиненции активность СОД в эритроцитах на 60% выше, чем у здоровых лиц [15]. При этом после проведенной терапии была выявлена корреляционная связь между изменением активности СОД и каталазы в эритроцитах и длительностью последующей ремиссии у пациентов. Если в процессе терапии одновременно повышалась активность СОД и каталазы, длительность ремиссии была максимальной и составляла в среднем семь недель. При повышении активности одного из ферментов с одновременным снижением активности другого длительность ремиссии составляла не более пяти недель. Если в результате лечения снижалась активность обоих ферментов, длительность ремиссии не превышала трех недель [15].

В настоящем исследовании мы не выявили заметных изменений активности СОД плазмы крови у пациентов как относительно контроля, так и после двухнедельного стандартного лечения. При этом в гемолизате эритроцитов обнаружено статистически достоверное повышение активности СОД после терапии, что в целом можно оценить как положительный фактор для купирования окислительного стресса. Представленные в данном исследовании результаты динамики активности СОД в крови больных алкоголизмом в процессе стандартной терапии, наряду с данными литературы, еще раз подтверждают высказанное ранее предположение о том, что активность данного антиоксидантного фермента очень лабильна и зависит от многих факторов – таких, например, как стадия заболевания, длительность и способ терапевтического воздействия, особенности метаболизма пациента, сопутствующая соматическая отягощенность и др. Вполне вероятно, что исходный уровень активности этого фермента, как и направленность ее изменения в процессе терапии, может рассматриваться в качестве одного из факторов, позволяющих прогнозировать эффективность терапевтического воздействия и длительности ремиссии у пациентов.

Результаты данного исследования подтверждают предположение о том, что периферические маркеры окислительного стресса (окисленные биомолекулы крови – карбонилированные белки и продукты

перекисного окисления липидов, а также активность СОД могут рассматриваться, наряду с другими циркулирующими в крови факторами (про/противовоспалительными цитокинами, стресс-реализующими стероидными и тиреоидными гормонами и др.), в качестве возможных компонентов комплексного биомаркера оценки эффективности проводимой терапии и устойчивости терапевтической ремиссии у больных алкогольной зависимостью.

### Заключение

Таким образом, исследование периферических маркеров окислительного стресса у больных алкоголизмом в динамике терапии синдрома отмены и постабстинентного состояния показало, что как СОД, так и карбонилированные белки и ТБК-реактивные продукты крови являются перспективными кандидатами для включения в разрабатываемый нами тест оценки эффективности проводимой терапии и устойчивости терапевтической ремиссии у больных алкогольной зависимостью.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-44-70002.*

### Список литературы

1. Панченко Л.Ф., Давыдов Б.В., Теребилина Н.Н., Баронец В.Ю., Наумова Т.А. Окислительный стресс в патогенезе алкогольной болезни печени // Вопросы наркологии. 2013. № 2. С. 82–91.
2. Parthasarathy R., Kattimani S., Sridhar M.G. Oxidative stress during alcohol withdrawal and its relationship with withdrawal severity. *Indian J. Psychol. Med.*, 2015, vol. 37, no 2, pp. 175–180. DOI: 10.4103/0253-7176.155617.
3. Huang M.C., Chen C.H., Peng F.C., Tang S.H., Chen C.C. Alterations in oxidative stress status during early alcohol withdrawal in alcoholic patients. *J. Formos Med. Assoc.*, 2009, vol. 108, no. 7, pp. 560–569. DOI: 10.1016/S0929-6646(09)60374-0.
4. Азизова О.А., Соловьева Э.Ю., Асейчев А.В., Баранова О.А., Бекман Э.М., Карнеев А.Н., Миронова О.М., Маневский А.П., Иваноков А.Н., Федин А.И., Сергиенко В.И. Взаимосвязь маркеров окислительного стресса с клиническим течением хронической ишемии мозга // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013. № 9, Вып. 2. С. 21–27.
5. Луцкий М.А., Земсков А.М., Разинкин К.А. Биохимические маркеры окислительного стресса при различных клинических формах и стадиях течения рассеянного склероза // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014. № 11. С. 74–77.
6. Прокопьева В.Д., Мандель А.И., Ярыгина Е.Г. Персонализированная антиоксидантная терапия при алкогольной зависимости // Наркология. 2017. № 6. С. 31–35. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29672418> (дата обращения: 17.08.2018).
7. Levine R.L. Carbonyl modified proteins in cellular regulation, aging, and disease. *Free Radic. Biol. Med.*. 2002. vol 32. P. 790–796.
8. Prokopieva V.D., Yarygina E.G., Bokhan N.A., Ivanova S.A. Use of Carnosine for Oxidative Stress Reduction in Different Pathologies. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016. vol. 2016. Article ID 2939087. 8 p.

9. Бохан Н.А., Прокопьева В.Д., Иванова С.А., Ветлугина Т.П., Епимахова Е.В., Плотников Е.В., Ярыгина Е.Г., Бойко А.С. Окислительный стресс и его коррекция у больных алкогольной зависимостью (итоги исследований в НИИ психического здоровья Томского НИМЦ) // Вопросы наркологии. 2018. № 3. С. 27–59.
10. Nordmann R. Alcohol and antioxidant systems. *Alcohol&Alcohol*. 1994. vol. 29. no. 5. P. 513–522.
11. Zima T., Fialova L., Mestek O., Janebova M., Crkowska J., Malbohan I., Stipek S., Mikulikova L., Popov P. Oxidative Stress, Metabolism of Ethanol and Alcohol-Related Diseases. *J. Biomed. Sci.*. 2001. vol. 8. no. 1. P. 59–70.
12. Прокопьева В.Д., Ярыгина Е.Г., Кротенко Н.М., Бойко А.С., Бохан Н.А., Иванова С.А. Показатели антиоксидантной системы и дофамина плазмы крови в динамике микроволновой резонансной терапии у больных алкоголизмом // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2017. № 9. С. 67–70.
13. Высокогорский В.Е., Ефременко Е.С., Грицаев И.Е. Характеристика обмена глутатиона при алкогольном абстинентном синдроме // Наркология. 2006. № 8. С. 59–61.
14. Куреков И.В., Долгих В.Т. Использование гипоксена в лечении пациентов, страдающих алкоголизмом и находящихся в состоянии отмены алкоголя // Наркология. 2009. № 3. С. 67–72.
15. Красиков С.И., Тухватуллина Р.Ф., Тимошинова С.В. Изменение активности антиоксидантных ферментов при лечении алкоголизма // Вестник Оренбургской государственной медицинской академии. 2005. № 5. С. 130–131.

УДК 616.314-001.4

**ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ СО СМЕШАННОЙ ФОРМОЙ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СТИРАЕМОСТИ ЗУБОВ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)****Смердина Ю.Г., Смердина Л.Н., Тё Е.А.***Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, e-mail: 582998@mail.ru*

Сложность лечения пациентов с патологической стираемостью зубов обусловлена необходимостью комплексной терапии на основе междисциплинарного подхода. Клиническая картина локализованной стираемости зубов зависит от степени выраженности, формы стираемости и глубины поражения твердых тканей зубов. Формы поражения (горизонтальная, вертикальная, смешанная) зависят от вида прикуса. Представлен клинический случай комплексного лечения пациентки со смешанной формой локализованной патологической стираемости зубов, осложненной дефектами зубных рядов и вторичным дистальным сдвигом нижней челюсти. Методы лечения выбирались с учетом группы пораженных зубов, формы и степени их стираемости, наличия дефектов в зубных рядах и вторичных деформаций. На ортодонтическом этапе лечения изготовлен временный съемный пластиночный протез, который перекрыл стертые зубы, восстановил целостность зубных рядов и правильное положение нижней челюсти. После окончания активного этапа ортодонтического лечения и адаптационного периода утраченная высота и ширина твердых тканей зубов восстановлена литыми штифтовыми вкладками и металлокерамическими коронками. Нормализация анатомо-функционального оптимума зубочелюстной системы завершена изготовлением частичного съемного протеза с зубодесневными кламмерами. Игнорирование предварительной ортодонтической подготовки с использованием только протетических методов лечения не способствует восстановлению анатомо-функциональных параметров зубо-челюстной системы.

**Ключевые слова:** локализованная патологическая стираемость зубов, комплексное лечение, ортодонтическая подготовка, протезирование зубов

**TREATMENT OF PATIENTS WITH MIXED FORM OF LOCALIZED PATHOLOGICAL ABRASION OF TEETH (CASE REPORT)****Smerdina Yu.G., Smerdina L.N., Tyo E.A.***Kemerovo State Medical University, Kemerovo, e-mail: 582998@mail.ru*

Treatment for pathological tooth abrasion is complicated by the necessity of a combined therapy based on the interdisciplinary approach. Clinical presentation of a localized tooth abrasion is constituted by degree of its manifestation and its form, as well as the depth of hard tissue affection. Abrasion mode (horizontal, vertical or mixed) depends on the bite type. Presented is a clinical case of the complex treatment for a mixed localized pathological tooth abrasion complicated by dentition defects and a distal shift of the lower jaw. The treatment methods were chosen based on the dental group, abrasion form and degree, dentition defects and secondary deformations. Orthodontically, a temporary removable laminar denture was manufactured to cover the worn-down teeth, restore dentition integrity and correct the low-jaw position. The active orthodontics and adaptation period completed, the lost height and width of hard tooth tissues were restored using cast pin insets and ceramic-metal crowns. Anatomical and functional optimum of the maxillo-dental system was attained by a removable partial denture with dentogingival clamps. Inadequate preliminary orthodontic preparation using only prosthetic modes hinders the anatomical and functional restoration of the teeth/jaw system.

**Keywords:** mixed localized pathological tooth abrasion, complex treatment, orthodontic preparation, dental prosthesis

Актуальность проблемы обусловлена сложностью лечения пациентов с патологической стираемостью вообще и особенно пациентов со смешанной формой локализованной патологической стираемости, так как этим пациентам требуется сложное комплексное лечение.

Цель исследования: на конкретном клиническом случае показать этапы комплексного лечения пациентки со смешанной формой локализованной патологической стираемости.

**Материалы и методы исследования**

Пациентке Т., 49 лет, со смешанной формой локализованной патологической стираемости проводилось ортодонтическое, хирургическое и терапевтическое лечение, предварительная подготовка полости рта к протезированию.

Протезирование включало изготовление культовых штифтовых вкладок, металлокерамических коронок, съемных пластинчатых протезов.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Лечение пациентов с любыми формами локализованной патологической стираемости проходит в несколько этапов в соответствии с клиническими проявлениями.

Клиническая картина локализованной стираемости меняется при различных видах стираемости и состоянии прикуса.

Если имеется прямой контакт передних зубов (прямой прикус), то возникает горизонтальная форма локализованной стираемости. И при отсутствии дефектов зубных рядов такая форма не приводит к изменению

ям внешнего вида и функции височно-нижнечелюстных суставов.

Параллельно с укорочением коронок зубов происходит увеличение альвеолярных отростков, что способствует сохранению окклюзионных контактов всех зубов при любых степенях поражения.

Глубокое перекрытие верхними зубами нижних (глубокий прикус) приводит к вертикальной форме стирания. Причем чаще стирается вестибулярная поверхность нижних резцов и клыков. У верхних резцов стирается небная поверхность. В совокупности происходит уменьшение толщины коронок, что приводит к их отлому. На подобную форму стирания указывает М.Г. Бушан [1].

Глубокий прикус изменяет движение нижней челюсти – шарнирные движения преобладают над вертикальными и трансверзальными.

Подробно о биомеханике височно-нижнечелюстных суставов, их заболеваниях, возникающих при нарушениях прикуса и необходимом лечении, изложено в монографиях В.А. Хватовой [2, 3].

В.А. Хватова отмечает, что функциональными нарушениями височно-нижнечелюстных суставов страдают от 40% до 60% населения и что окклюзионные факторы, то есть виды прикуса, играют важную роль в возникновении мышечно-суставной патологии, как нарушающие координированную активность мышц движения нижней челюсти и вовлекающие в патологический процесс все органы зубочелюстной системы и приводящие к формированию синдрома мышечно-суставной дисфункции [2].

В.А. Хватова рекомендует при изменениях в височно-нижнечелюстных суставах применять репозиционные шины (протрузионные, дистракционные), а разобщающие шины использовать в случаях сохранения привычного положения нижней челюсти, но с уменьшением межальвеолярного расстояния [3].

Межальвеолярное расстояние не изменяется при интактных зубных рядах и здоровом пародонте даже при вертикальной локализованной форме патологической стираемости.

Глубокий травмирующий прикус приводит к травмированию слизистой оболочки неба, вторичному дистальному сдвигу нижней челюсти и дисфункции височно-нижнечелюстных суставов. Но при глубоком прикусе реже возникает смешанная форма стирания зубов.

Сочетание вертикальной и горизонтальной форм стирания (смешанная форма) характерно для ортогнатического прикуса.

Пациентам, имеющим локализованную патологическую стираемость зубов, обязательно должна проводиться ортодонтическая подготовка с целью перестройки альвеолярных отростков и создания места для восста-

новления анатомической величины и формы стертых зубов. Только после этого возможно ортопедическое лечение. При необходимости проводится терапевтическое лечение [4].

И.С. Рубинов обосновал возникновение рефлексов жевательной мускулатуры на воздействие разобщающих капп при ортодонтической подготовке пациентов. Им отмечено взаимодействие миостатического рефлекса, возникающего при растяжении жевательной мускулатуры, с рефлексом пародонто-мускулярным [5].

При проведении ортопедического лечения с восстановлением стертых зубов необходимо восстанавливать анатомическую форму таким образом, чтобы она не нарушала целостность зубочелюстной системы и обеспечивала стабильную окклюзию.

Ортопедическое лечение проводится в зависимости от степени стирания зубов с применением прямых реставраций, культевых штифтовых вкладок, металлокерамических, литых и пластмассовых коронок.

Дефекты зубных рядов восполняются несъемными и съемными конструкциями.

Иллюстрацией вышеизложенного может служить клинический пример лечения пациентки Т., 49 лет [5].

Пациентка Т. жаловалась на неудовлетворяющий ее внешний вид: углубление носогубных и подбородочной складок, западение губ, уменьшение размеров передних зубов и изменение их цвета, сложности при пережевывании пищи и дискомфорт при общении с людьми. Постоянно находилась в психоэмоциональном напряжении.

Пациентка удаляла зубы в течение пятнадцати лет, но никогда не обращалась за ортопедической помощью, а несколько лет назад обратилась к стоматологу-терапевту по поводу стертых верхних передних зубов.

Стоматолог-терапевт реставрировал передние зубы фотокомпозитом. Пациентке реставрация не удовлетворила и, более того, у нее появились болевые ощущения в жевательных мышцах и в височно-нижнечелюстных суставах.

Кроме перечисленного пациентка заметила, что перестали быть видимыми нижние передние зубы и они полностью прекрываются верхними зубами.

При внешнем осмотре подтверждается то, на что и сама пациентка обратила внимание.

Осмотр полости рта показал отсутствие большого количества зубов: правого третьего моляра, правого второго моляра, правого второго премоляра, правого первого премоляра, левого первого премоляра, левого второго моляра, левого второго премоляра, левого третьего моляра на верхней челюсти и на нижней челюсти правого и левого первых моляров.



*Рис. 1. Состояние зубных рядов и прикуса до лечения*

Верхние резцы и клыки имеют горизонтальную и вертикальную патологическую стираемость II степени. Прикус глубокий (рис. 1).

Межальвеолярная высота уменьшена на 4 мм, так как разница между расстоянием нижней трети лица в состоянии относительного физиологического покоя и расстоянием нижней трети лица в окклюзии составляет 6 мм.

*Диагноз.*

Локализованная патологическая стираемость верхних резцов и клыков II степени, декомпенсированная. Частичное отсутствие зубов на верхней и нижней челюстях. Вторичный дистальный сдвиг нижней челюсти.

Проведенное лечение было длительным и включало четыре этапа.

1 этап. Санация полости рта – удален верхний первый моляр слева.

2 этап. Изготовление временного частичного съемного пластиночного протеза на верхнюю челюсть для установления нижней челюсти в центральную окклюзию с восстановлением межальвеолярной высоты.

Пациентка пользовалась протезом семь месяцев, из них активный период продлился три с половиной месяца.

Этот этап можно назвать ортодонтическим, а любое ортодонтическое лечение состоит из активного периода и ретенционного, или адаптационного.

В начале активного периода ортодонтического лечения (первую неделю) пациентка отмечала неприятные ощущения, боль в области жевательной мускулатуры, в области височно-нижнечелюстных суставов. Неприятные ощущения прошли через неделю. Остальное время активного периода

ортодонтического лечения проходило без осложнений и неудобств.

На рис. 2 состояние полости рта пациентки, которая устанавливает нижнюю челюсть в правильное положение без протеза.



*Рис. 2. Состояние полости рта после активного этапа ортодонтического лечения*

3 этап. Адаптационный период.

Адаптационный период продолжается не меньше активного периода ортодонтического лечения. В данном случае адаптационный период составил также три с половиной месяца.

Во время адаптационного периода депульпированы верхние клыки, боковые резцы, центральные резцы справа и слева.

4 этап. Протезирование.

Как уже отмечалось, верхние резцы и клыки имеют горизонтальную и вертикальную патологическую стираемость II степени. Смешанная форма стираемости боковых и центральных резцов требует восстановления за счет моделировки культевых литых штифтовых вкладок. Поэтому

боковые и центральные резцы обработаны под металлокерамические коронки, старые реставрации удалены, каналы распломбированы на 1/2 длины корня, в полости рта проведена моделировка из воска культевых литых штифтовых вкладок, надкорневая часть которых восстанавливала высоту и ширину твердых тканей коронок зубов, утраченную в результате патологической стираемости.

После окончания моделировки восковые композиции культевых литых штифтовых вкладок извлечены из полости рта. Воск заменен на металл, культевые литые штифтовые вкладки обработаны, припасованы и зафиксированы в полости рта (рис. 3).

Следующий этап ортопедического лечения заключался в изготовлении металлокерамических коронок на верхние клыки, боковые резцы, центральные резцы справа и слева.

Клыки обработаны, а резцы дообработаны под металлокерамические коронки, сняты оттиски, определена центральная окклюзия, изготовлен и припасован металлический каркас, определен цвет коронок, проведена облицовка каркаса керамикой,

припасовка коронок в полости рта, глазурирование и фиксация металлокерамических коронок на верхние клыки, боковые резцы, центральные резцы справа и слева.

После того, как были изготовлены несъемные конструкции (культевые литые штифтовые вкладки, металлокерамические коронки), дефекты зубных рядов восстановлены частичным съемным пластинчатым протезом с зубодесневыми кламперами на верхнюю челюсть из термопласта (рис. 4).

В последнее время в клинике ортопедической стоматологии широкое применение получили термолабильные полимеры под общим названием «Термопласты». Физико-механические свойства термопластов, эстетичность (отсутствие в полости рта металлических включений) позволяют использовать их при дефектах зубных рядов.

На рис. 5 показано состояние полости рта пациентки со смешанной формой локализованной патологической стираемости зубов, дефектами зубных рядов и вторичным дистальным сдвигом нижней челюсти до и после комплексного лечения.



*Рис. 3. Этапы восстановления утраченной высоты и ширины твердых тканей зубов литыми штифтовыми вкладками*



*Рис. 4. Состояние зубных рядов и прикуса после изготовления металлокерамических коронок и частичного съемного протеза с зубодесневыми кламперами*



*Рис. 5. Состояние полости рта до и после комплексного лечения смешанной формы локализованной патологической стираемости, осложненной дефектами зубных рядов и вторичным дистальным сдвигом нижней челюсти*

### **Выводы**

Лечение смешанной формы локализованной патологической стираемости возможно только после проведения ортодонтической подготовки.

Игнорирование предварительной ортодонтической подготовки с использованием только протетических методов лечения, не способствует восстановлению анатомо-функционального оптимума.

Методы лечения выбираются в зависимости от группы пораженных зубов, формы и степени их стираемости, наличия дефектов в зубных рядах и вторичных деформаций.

### **Список литературы**

1. Бушан М.Г. Патологическая стираемость зубов и ее осложнения. Кишинев: Штиинца, 1979. 183 с.
2. Хватова В.А. Клиническая гнатология. М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2008. 296 с.
3. Хватова В.А., Чикунов С.О. Окклюзионные шины (современное состояние проблемы). М.: МИГ «Медицинская книга», 2012. 56 с.
4. Терапевтическая стоматология: учебник для студентов, обучающихся по специальности «Стоматология» / под ред. проф. Е.В. Боровского. М.: Медицинское информационное агентство, 2011. 800 с.
5. Смердина Ю.Г., Смердина Л.Н., Тё Е.А. Патологическая стираемость твердых тканей зубов: пособие для врачей. Кемерово, 2016. 108 с.

УДК 612.067:612.17

## ОТОБРАЖЕНИЕ ГРАДИЕНТОВ РЕПОЛЯРИЗАЦИИ В МИОКАРДЕ ЖЕЛУДОЧКОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРИЕНТАЦИИ СЕРДЦА

Артеева Н.В.

*Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук,  
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, e-mail: natalia.arteyeva@gmail.com*

Методами математического моделирования изучено отображение трансверсального и апикобазального градиентов реполяризации в желудочках сердца на поверхность тела в зависимости от наклона сердца во фронтальной плоскости. Эквивалентный электрический генератор сердца моделировали как осевой диполь, состоящий из двух компонент, имитирующих апикобазальный и трансверсальный градиенты реполяризации. Угол наклона вертикальной оси сердца во фронтальной плоскости изменяли от 0 до 90 градусов, моделируя вертикальную, «квазивертикальную», «квазигоризонтальную» и горизонтальную ориентацию сердца. Кардиоэлектрическое поле моделировали как распределение потенциалов поля диполя на поверхности эллипса, представлявшего собой поверхность туловища. При моделировании учитывали реалистичное положение сердца относительно поверхности торса. Согласно результатам моделирования, разное соотношение между трансверсальным и апикобазальным градиентами реполяризации может продуцировать одинаковое кардиоэлектрическое поле, в то время как одинаковое соотношение между этими двумя градиентами может продуцировать разное поле, в зависимости от ориентации сердца. Моделирование показало, что наклон вертикальной оси сердца во фронтальной плоскости изменяет как амплитуду Т-волны, так и распределение потенциала на поверхности туловища. Таким образом, при анализе кардиоэлектрического поля необходимо учитывать ориентацию сердца.

**Ключевые слова:** градиент реполяризации, апикобазальный, трансмуральный, ориентация сердца

## THE REFLECTION OF REPOLARIZATION GRADIENTS IN THE HEART VENTRICLES ONTO THE BODY SURFACE DEPENDING ON THE HEART ORIENTATION

Arteeva N.V.

*Institute of Physiology of Komi Science centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
FRC Komi SCUB RUS, Syktyvkar, e-mail: natalia.arteyeva@gmail.com*

The reflection of the apicobasal and the transversal repolarization gradients in the heart ventricles onto the body surface depending on the heart declination in the frontal plane was studied by means of mathematical simulations. The equivalent electrical heart generator was simulated as a dipole, consisted of the two components, imitating the apicobasal and transversal repolarization gradients. The declination of the vertical heart axis in the frontal plane was varied from 0 to 90 degrees, simulating the vertical, «quazivertical», horizontal and «quazihorizontal» heart orientation. The cardioelectric field was simulated as the distribution of potentials of the dipole field on the elliptical surface, imitating the surface of the torso. When simulating, we had took into account the realistic position of the heart relatively to the torso surface. According to the results of simulations, the different ratio between the transversal and apicobasal repolarization gradients could produce the same body surface potential distribution, while the same ratio between these two gradients could produce the differing potential distributions, depending on the heart orientation. The simulations demonstrated that the heart declination in the frontal plane could change the T-wave amplitude as well as the body surface potential distribution. Thus, in the analysis of the cardioelectric field, the orientation of the heart must be taken into account.

**Keywords:** repolarization gradient, apicobasal, transmural, heart orientation

Т-волна на ЭКГ является результатом неодинакового времени окончания реполяризации в разных отделах желудочков сердца, т.е. результатом наличия градиентов реполяризации. Прежде всего, Т-волна ассоциируется с апикобазальным [1] и трансмуральным [2] градиентами реполяризации. Кроме того, были зарегистрированы переднезадний и межжелудочковый градиенты реполяризации [1, 3].

Процесс реполяризации желудочков чаще всего характеризуется не одним, а несколькими градиентами реполяризации. Соотношение между величиной этих градиентов может быть различным – может преобладать один из них или два-три градиента могут быть сопоставимы по величине. В любом случае, суммарный вектор реполяризации представляет

собой суперпозицию нескольких векторов, сформированных разнонаправленными градиентами реполяризации.

Было бы удобно подразделить эти градиенты на две группы – с одной стороны, это апикобазальный градиент, направление которого совпадает с направлением продольной оси сердца, с другой – градиенты, лежащие в трансверсальных плоскостях сердца (трансмуральный, переднезадний и межжелудочковый). Следует отметить, что трансмуральный градиент реполяризации лишь условно можно отнести к трансверсальным градиентам, поскольку наряду с трансверсальной компонентой кардиоэлектрического поля он продуцирует также и апикобазальную компоненту [4].

Информация о градиентах реполяризации в желудочках важна для оценки физиологического состояния сердца. Чтобы получить эту информацию неинвазивно, на основе измерений кардиоэлектрического поля, необходимо знать механизмы отображения градиентов реполяризации на поверхность тела. А это отображение в значительной мере зависит от внесердечных факторов, в частности от ориентации сердца в грудной клетке. Ранее нами было показано, что ориентация сердца в грудной клетке в существенно большей степени влияет на формирование кардиоэлектрического поля, нежели форма торса [5].

Цель настоящего модельного исследования – изучить отображение различных комбинаций трансверсального и апикобазального градиентов реполяризации в желудочках сердца на поверхность тела в зависимости от наклона сердца во фронтальной плоскости.

### Материалы и методы исследования

Суммарный электрический генератор сердца в период реполяризации желудочков – эквивалентный Т-вектор – моделировали как одиночный диполь, помещенный в центр желудочков. Т-вектор задавали в системе координат, связанной с сердцем (рис. 1). Т-вектор лежал во фронтальной плоскости и состоял из двух компонент – апикобазальной ( $T_{\text{apicobasal}}$ ) и трансверсальной ( $T_{\text{transversal}}$ ), имитирующих апикобазальный и трансверсальный градиенты реполяризации.

Задавали разное соотношение между апикобазальной и трансверсальной компонентами Т-вектора: либо одна из них преобладала по величине в большей или меньшей степени, либо они были равны. Угол наклона вертикальной оси сердца относительно вертикальной оси торса во фронтальной плоскости составлял  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $90^\circ$ , что соответствует вертикальной, «квазивертикальной», «квазигоризонтальной» и горизонтальной ориентации сердца.

Т-вектор был помещен в эллиптический торс и немного смещен к его передней поверхности, что соот-

ветствует положению сердца в грудной клетке. Кардиоэлектрическое поле моделировали как распределение потенциалов поля диполя на поверхности эллипса.

### Результаты исследования и их обсуждение

*Вертикальная ориентация сердца.* Доминирующий апикобазальный градиент реполяризации продуцирует распределение потенциала с отрицательной краниальной и положительной каудальной областями, характерное для таких видов животных, как собака, кошка и кролик (рис. 2). При доминирующем трансверсальном градиенте потенциалы на правой половине торса отрицательны, на левой – положительны. Промежуточные комбинации апикобазального и трансверсального градиентов дают распределение потенциала, характерное для человека: отрицательный экстремум потенциала расположен в верхней правой, положительный – в нижней левой части грудной клетки.

«Квазивертикальная» и «квазигоризонтальная» ориентация сердца. Наклон сердца на  $30^\circ$ – $60^\circ$  во фронтальной плоскости «ослабляет» апикобазальную составляющую поля и «усиливает» трансверсальную (рис. 2). Таким образом, доминирующий апикобазальный градиент продуцирует распределение потенциала, похожее на то, которое было получено при одинаковой величине апикобазального и трансверсального градиентов при вертикальной ориентации сердца. При данной ориентации сердца наиболее «реалистичное» поле дает именно доминирующий апикобазальный градиент. При доминировании трансверсального градиента потенциалы в краниальной части поверхности торса отрицательны, что нехарактерно для человека и животных при нормальных условиях.



Рис. 1. Эквивалентный Т-вектор в системе координат, связанной с сердцем.  $T_{\text{apicobasal}}$  и  $T_{\text{transversal}}$  – апикобазальная и трансверсальная компоненты Т-вектора

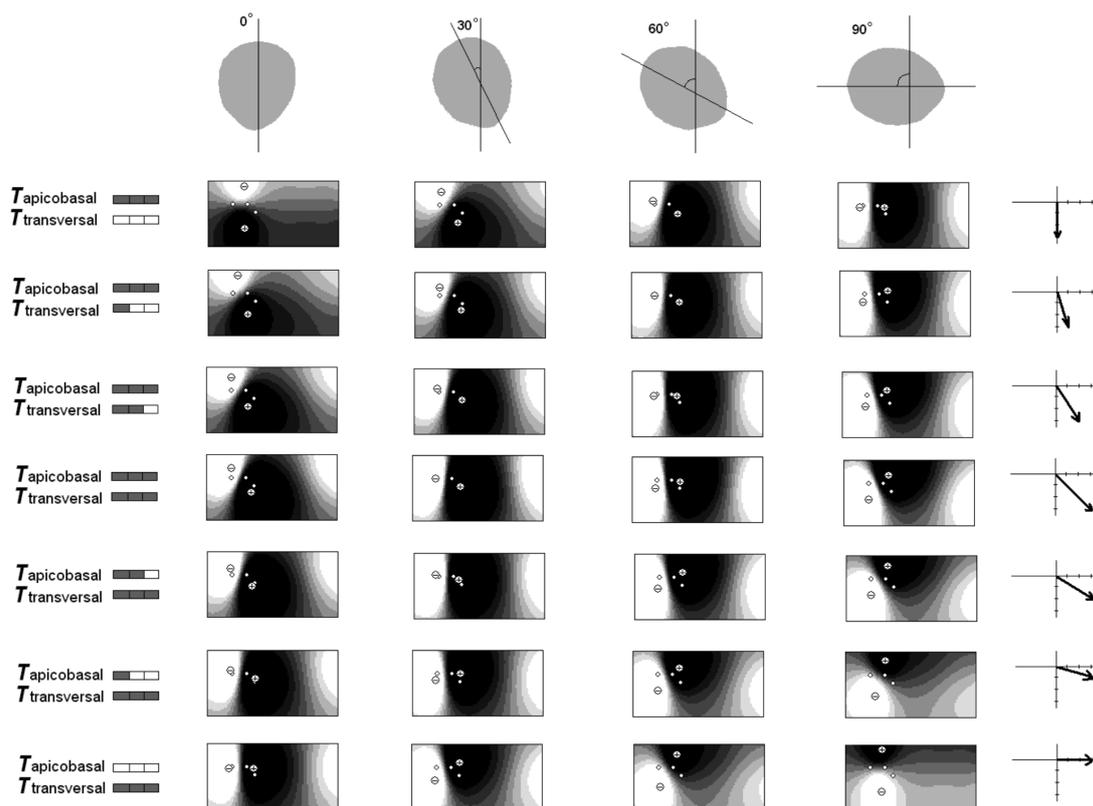


Рис. 2. Распределения потенциала на поверхности торса, смоделированные для разных комбинаций апикобазального и трансверсального градиентов реполяризации и разной ориентации сердца.

Левая половина карт соответствует вентральной, правая – дорсальной поверхности торса; темная область соответствует положительным, светлая – отрицательным потенциалам. На картах обозначено положение отведений  $V1-V3$ , а также экстремумов потенциала (знаками «+» и «-»). Относительные величины апикобазального и трансверсального градиентов показаны слева, амплитуда и направление T-вектора во фронтальной плоскости – справа. Наклон продольной оси сердца во фронтальной плоскости показан в верхней части рисунка

**Горизонтальная ориентация сердца.** При наклоне сердца на  $90^\circ$  имеет место инверсия направлений градиентов относительно поверхности торса: апикобазальный градиент теперь ориентирован справа налево, а трансверсальный – снизу вверх (рис. 2). При такой ориентации сердца ни одна комбинация апикобазального и трансверсального градиентов не дает распределения потенциала, похожего на измеренное в эксперименте у человека или животных в норме.

Соотношение между амплитудой T-волны, ориентацией сердца и градиентами реполяризации. Соотношение между амплитудой T-волны, наклоном сердца и относительной величиной апикобазального и трансверсального градиентов анализировали на примере грудного отведения  $V2$  (рис. 3). Моделирование показало, что амплитуда T-волны более чувствительна к изменениям в величине того градиента,

который в большей степени параллелен оси отведения (под осью отведения мы понимаем линию, соединяющую геометрический центр сердца и точку отведения). Например, при вертикальной ориентации сердца амплитуда T-волны в отведении  $V2$  очень чувствительна к изменениям в величине трансверсального градиента реполяризации и совершенно нечувствительна к изменениям в величине апикобазального градиента; при горизонтальной ориентации сердца ситуация меняется на обратную (рис. 3). Моделирование также наглядно продемонстрировало, что одна и та же величина T-вектора может продуцировать разную амплитуду T-волны в зависимости от ориентации сердца (рис. 3).

Цель настоящего модельного исследования определила выбор эквивалентного электрического генератора сердца в виде неподвижного диполя, помещенного в центр сердца. Во-первых, поле такого диполя до-

статочно хорошо аппроксимирует реальное кардиоэлектрическое поле в период реполяризации желудочков [6]. Во-вторых, дипольная, то есть векторная, модель позволяет задавать любую конкретную величину апикобазальной и трансверсальной составляющих результирующего Т-вектора, что достаточно затруднительно при использовании сложных реалистичных компьютерных моделей электрической активности сердца. И, в-третьих, при всей своей простоте данная модель полностью адекватна цели исследования, поскольку ее усложнение не дало бы принципиально новых результатов.

Моделирование показало, что разные комбинации апикобазального и трансверсального градиентов реполяризации могут продуцировать одинаковое распределение потенциала, в то время как одна и та же их комбинация может давать разные распределения потенциала, в зависимости от ориентации сердца. Другими словами, при «горизонтализации» сердца (по сравнению с его вертикальным расположением) апикобазальный и трансверсальный градиенты могут как бы поменяться местами: трансверсальный градиент будет ориентирован ближе к апикобазальному направлению, в то время как апикобазальный градиент – ближе к трансверсальному направлению.

Соответственно, изменения амплитуды Т-волны могут быть связаны как с изменениями величины и направления Т-вектора, так и с разной ориентацией сердца. Поэтому при сравнении результатов, полученных на моделях с разными геометрическими параметрами, а также экспериментальных данных, измеренных у человека и разных видов животных, необходимо учитывать ориентацию сердца.

В частности, у кролика и кошки в период Т-волны на поверхности туловища формируется распределение потенциала с отрицательной краниальной и положительной каудальной областями. Положение сердца у этих животных близко к вертикальному, что может говорить о преобладании у них апикобазального градиента реполяризации. У человека, если судить по распределению потенциала на поверхности тела и векторкардиографическим данным, трансверсальная составляющая Т-вектора превалирует над апикобазальной [7]. Однако, возможно, это лишь кажущаяся картина, поскольку у большинства людей положение сердца ближе к горизонтальному, нежели к вертикальному. Таким образом, результаты моделирования наглядно демонстрируют необходимость учитывать ориентацию сердца при анализе электро- и векторкардиографических данных.

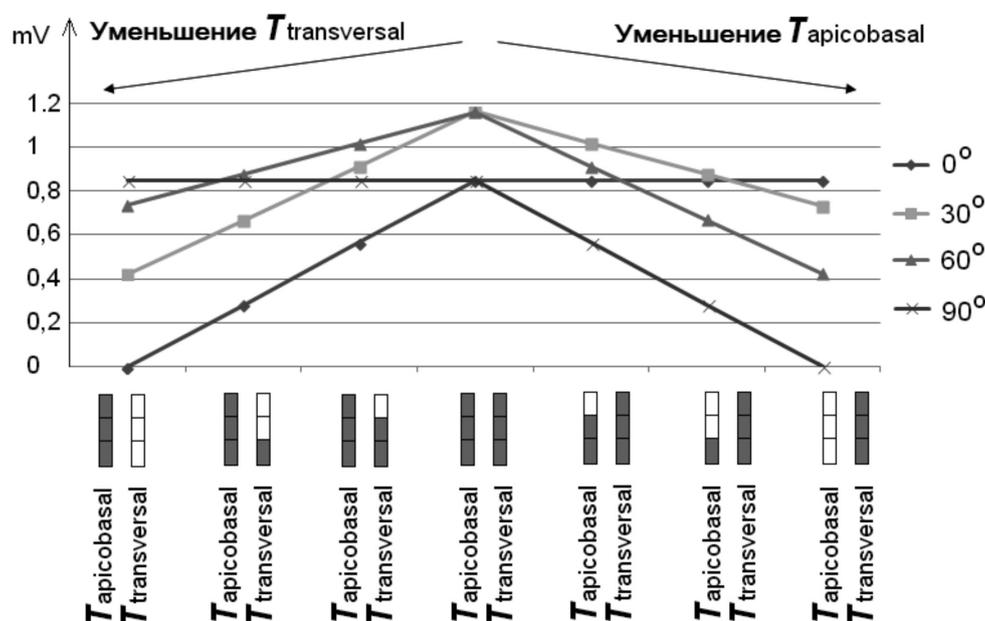


Рис. 3. Зависимость амплитуды Т-волны (грудное отведение V2) от наклона сердца и соотношения между апикобазальным и трансверсальными градиентами реполяризации. Относительные величины апикобазальной ( $T_{apicobasal}$ ) и трансверсальной ( $T_{transversal}$ ) компонент Т-вектора показаны в нижней части рисунка. Угол наклона продольной оси сердца во фронтальной плоскости указан справа

### Заключение

Согласно результатам моделирования, разное соотношение между трансверсальным и апикобазальным градиентами реполяризации может продуцировать одинаковое кардиоэлектрическое поле, в то время как одинаковое соотношение между этими градиентами – разное поле, в зависимости от ориентации сердца. Моделирование показало, что наклон вертикальной оси сердца во фронтальной плоскости изменяет как амплитуду Т-волны, так и распределение потенциала на поверхности туловища.

### Список литературы

1. Janse M.J., Coronel R., Opthof T., Sosunov E.A., Anyukhovskiy E.P., Rosen M.R. Repolarization gradients in the intact heart: transmural or apico-basal? *Prog. Biophys. Mol. Biol.* 2012. Vol. 109. № 1–2. P. 6–15.
2. Antzelevitch C. Transmural dispersion of repolarization and the T wave. *Cardiovasc. Res.* 2001. Vol. 50. P. 426–431.
3. Pandit S.V., Kaur K., Zlochiver S., Noujaim S.F., Furspan P., Mironov S., Shibayama J., Anumonwo J., Jalife J. Left-to-right ventricular differences in I(KATP) underlie epicardial repolarization gradient during global ischemia. *Heart Rhythm.* 2011. Vol. 8. № 11. P. 1732–1739.
4. Artyeva N.V., Azarov J.E., Vityazev V.A., Shmakov D.N. Action potential duration gradients in the heart ventricles and the cardiac electric field during ventricular repolarization (A model study). *J. Electrocardiol.* 2015. Vol. 48. № 4. P. 678–685.
5. Артеева Н.В. Влияние ориентации сердца в грудной клетке на пространственно-амплитудные характеристики кардиоэлектрического поля (модельное исследование) // *Современные проблемы науки и образования.* 2017. № 2. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=26252> (дата обращения: 12.09.2018).
6. Титомир Л.И., Трунов В.Г., Айду Э.А.И. Неинвазивная электрокардиопография. М.: Наука, 2003. 198 с.
7. Vahedi F., Odenstedt J., Hartford M., Gilljam T., Bergfeldt L. Vectorcardiography analysis of the repolarization response to pharmacologically induced autonomic nervous system modulation in healthy subjects. *J. Appl. Physiol.* 2012. Vol. 113. P. 368–376.

УДК 637.1

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ВНЕШНЕЙ ЗАДАЧИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ПЕРЦЕПЦИИ

**Золотин А.Ю., Симоненко С.В., Фелик С.В., Симоненко Е.С., Антипова Т.А.**

*НИИ детского питания – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»,  
Истра, e-mail: info@niidp.ru*

В настоящей работе рассматривается с общий подход к решению внешней задачи органолептической перцепции и формализация основных положений привлечением понятия множества. В данной связи продукт рассматривается как совокупность физических, химических, органолептических и функциональных свойств, формирующих органолептическое восприятие. Представлен алгоритм разработки продукта с заданной сырьевой основой, комплексом физико-химических, органолептических и функциональных свойств, воспринимаемый органолептически позитивно-целевой группой потребителей в соответствии со сложившимися у них представлениями в отношении органолептических предпочтений. В рамках предложенного алгоритма приведена символическая формализация принципов восстановления и прогнозирования, позволяющих установить интервалы варьирования органолептических свойств посредством подбора ингредиентов и количественных соотношений ингредиентов. В контексте обсуждений проблемы предложены критерии выбора модельного продукта, обеспечивающие продуктивность исследований закономерностей органолептического восприятия. Практическое применение аналитических выкладок проиллюстрировано на примере разработки напитков и майонезного соуса для детского питания. В отношении напитков установлен приоритет цвета зеленых тонов при их визуальном выборе, а также ассоциация зеленого цвета различной насыщенности с кисло-сладким вкусом напитка, а красного цвета – со сладко-кислым вкусом. Ожидания оправдываются в процессе потребления напитков, несмотря на одинаковое содержание в них агентов сладкого и кислого. При разработке майонезного соуса использован предложенный алгоритм, ориентированный на обеспечение позитивного органолептического восприятия продукта. При исследовании множества рецептов продукта, сформированных варьированием массовых процентов ингредиентов, установлено количественное соотношение ингредиентов, обеспечивающее позитивное органолептическое восприятие продукта, выявленное в процессе его дегустации.

**Ключевые слова:** модельный продукт, органолептическое восприятие, сырьевая основа, рецептура, критерии выбора

## ANALYTICAL FORMALIZATION OF ORGANOLEPTIC PERCEPTION EXTERNAL OBJECTIVE

**Zolotin A.Yu., Simonenko S.V., Felik S.V., Simonenko E.S., Antipova T.A.**

*Scientific research Institute of baby nutrition – branch of the Federal research centre of nutrition and biotechnology, Istra, e-mail: info@niidp.ru*

The present study examines the general approach to the external objective of organoleptic perception and formalization of the main features, using the concept of multiplicity. In this context the product is considered as a set of physical, chemical, organoleptic and functional properties that form an organoleptic perception. The article presented an algorithm for developing a product with a given raw material base and a complex of physicochemical, organoleptic and functional properties, perceived organoleptically positively by the target group of consumers in accordance with their current views on organoleptic preferences. Within the framework of the proposed algorithm, a symbolic formalization of the principles of recovery and prediction is given, allowing the intervals of variation of organoleptic properties to be determined by selecting ingredients and quantitative ratios of the ingredients. In the context of the discussion of the problem, the criteria for selecting a model product are proposed, which ensure the productivity of studies of the patterns of organoleptic perception. The practical application of analytical calculations is illustrated by the example of the development of beverages and mayonnaise sauce for baby food. As for drinks, the priority of the color of green tones in their visual choice, as well as the Association of green color of different saturation with a sweet-sour taste of the drink, and red – with a sweet-sour taste. Expectations are met in the process of consumption of drinks, despite the same content of sweet and sour agents. In the development of mayonnaise sauce, the proposed algorithm is used, focused on providing a positive organoleptic perception of the product. In the study of many recipes of the product, formed by varying the percentage of mass ingredients, the quantitative ratio of ingredients, providing a positive sensory perception of the product, revealed in the process of tasting.

**Keywords:** model product, organoleptic perception, raw material base, formulation, selection criteria

Вопросы органолептики наряду с пищевой ценностью и пищевой безопасностью являются характеристическими при оценке пищевых продуктов как пищевых объектов. Органолептические показатели, к которым относятся внешний вид, вкус, цвет, запах продукта, являются обязательной составляющей нормативной документации. Иногда они дополняются консистенцией и, реже, температурой продукта. Вместе с тем органолептические показатели актуализируются через органолепти-

ческое восприятие продукта. Органолептическое восприятие является основным информационным каналом при потребительской оценке продукта. С большой вероятностью можно утверждать, что позитивное органолептическое восприятие способно повышать пищевую ценность продукта, смещая эмоциональную нагрузку при потреблении продукта в положительную сторону, и, наоборот, негативное органолептическое восприятие способно угнетать усвоение питательных веществ.

Целью работы является систематизация результатов исследований аспектов органолептической перцепции и представление в форме методологии создания органолептически адаптированных продуктов.

**Материалы и методы исследования**

В качестве материала исследования использованы два модельных продукта: на водной основе (условно – напиток) и на молочной основе (условно – десерт). В качестве вкусовых агентов использовались сахар-песок и лимонная кислота. Варьирование цвета осуществлялось посредством внесения в образцы продукта пищевых красителей красного, желтого и зеленого тонов. Модификация запаха осуществлялась натуральными ароматизаторами: «клубника», «малина», «лимон», «яблоко». Исследование проводилось с использованием методов естественного наблюдения, корреляционного и экспериментальных методов, методов опроса, метода ранжирования.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Практические результаты исследования восприятия пищевого продукта могут быть получены в рамках решения внутренней и внешней задач органолептической перцепции.

Внутренняя задача заключается в создании стереотипов органолептического восприятия и формировании на их основе пищевых предпочтений.

Внешняя задача связана с разработкой продуктов, при потреблении которых обеспечивается позитивное органолептическое восприятие или восприятие, соответствующее определенному эталону или сложившемуся стереотипу.

При исследовании органолептического восприятия используются методы, принятые в органолептическом анализе и психологии [1–4].

В настоящей работе рассматриваются общий подход к решению внешней задачи органолептической перцепции и формализация основных положений с привлечением понятия множества, что открывает потенциальную возможность использования элементов теории множеств для описания закономерностей перцепции [5, 6].

В аналитической интерпретации применяется символьная нотация (таблица).

Символьная нотация, используемая в работе

Символ	Значение символа
{}	Множество
∪	Объединение, сложение
⊂	Содержится, связывается
	Модуль величины
:	Такой что, такой как
→	Следует, выполняется
↔	Равносильно

В общем случае продукт S характеризуется физическими P, химическими C, органолептическими O, функциональными F свойствами

$$S = \rightarrow P, C, O, F, \quad (1)$$

которые можно представить в виде множеств элементарных свойств

$$S = \{pn\} \cup \{cm\} \cup \{oe\} \cup \{fk\}, \quad (2)$$

где p, c, o, f – элементарные физические, химические, органолептические, функциональные свойства;

n, m, l, k – число элементарных физических, химических, органолептических, функциональных свойств.

К элементарным свойствам, например, относятся: вязкость, массовая доля жирных кислот, вкус, гипоаллергенность.

В процессе разработки элементарные свойства продукта варьируются в определенных диапазонах:

$$P_n = \{P_{n1} \dots P_{ni}\}, \quad c_n = \{c_{n1} \dots c_{nj}\}, \\ o_l = \{o_{l1} \dots o_{lr}\}, \quad f_k = \{f_{k1} \dots f_{kt}\}. \quad (3)$$

Широта диапазонов соизмеряется с диапазоном возможного изменения первоначально заданных свойств продукта. В то же время свойства продукта определяются множествами свойств ингредиентов, входящих в его рецептуру:

$$P = \{I_p\}, \quad C = \{I_c\}, \quad O = \{I_o\}, \quad F = \{I_f\}, \quad (4)$$

где  $I_p, I_c, I_o, I_f$  – физические, химические, органолептические, функциональные свойства ингредиентов.

В целом свойства продукта зависят от баланса свойств ингредиентов, которые регулируются посредством качественного и/или количественного изменения рецептуры (замена одних ингредиентов другими и/или изменение соотношения ингредиентов):

$$\text{var}(I, |I|) = \rightarrow \text{var}(P, C, O, F). \quad (5)$$

Данная запись буквально означает: вариация ингредиентов (I) и их количественных характеристик, например, массовых процентов, массовых долей (модуль I), приводит к вариации физических, химических, органолептических, функциональных свойств продукта.

Органолептические свойства продукта являются «преломлением» его физических и химических свойств в системе сенсорных измерений и субстратом органолептического восприятия ОР. Изменение органолептических свойств приводит к изменению органолептического восприятия в диапазоне от негативного ОР (–) до позитивного ОР (+).

С учетом того, что функциональные свойства можно отразить в категориях физико-химических свойств, справедлива следующая запись:

$$F = \{fk\} \rightarrow P = \{pn\} UC = \{cm\} \rightarrow O = \{ol\} \rightarrow [OP(-), OP(+)], \quad (6)$$

то есть: функциональные свойства продукта, представленные множеством их элементарных свойств, распознаются через множества элементарных физических и химических свойств, из которых следуют органолептические свойства, представленные множеством элементарных органолептических свойств, формирующих органолептическое восприятие продукта в диапазоне от негативного до позитивного.

Позитивное органолептическое восприятие продукта обеспечивается в некотором интервале его органолептических свойств, которому соответствуют определенные интервалы физических и химических свойств.

Практически интервалы свойств, обеспечивающие позитивное восприятие, актуализируются в форме рецептуры R продукта, т.е. набора и количественного соотношения ингредиентов:

$$\{[Pn1, Pn2], [Cm1, Cm2], [Ol1, Ol2]\} \rightarrow R \leftrightarrow \{I, |I|\} \rightarrow OP(+). \quad (7)$$

В основе построения зависимости (7) лежит правомерность перехода

$$\{Pn\}, \{Cm\}, \{Ol\} \Rightarrow \{Pn1, Cm1, Ol1\}, \quad (8)$$

обусловленная аксиомой выбора, согласно которой для каждого семейства непустых непересекающихся множеств  $\{P_n\}$ ,  $\{C_n\}$ ,  $\{O_n\}$  существует новое множество,  $\{P_{n1}, C_{m1}, O_{l1}\}$ , образуемое путем выбора определенного элемента из каждого множества этого семейства.

Интервалы органолептических свойств в зависимости (7) устанавливаются как результат реализации принципов восстановления или прогнозирования посредством подбора ингредиентов и их количественных соотношений на основе анализа:

– физических, химических, функциональных, органолептических свойств ингредиентов (принцип восстановления);

– характера потенциального влияния физических, химических, функциональных, органолептических свойств ингредиентов на органолептическое восприятие продукта (принцип прогнозирования).

Анализ проводится в контексте обеспечения априори заданных свойств продукта и его потенциально позитивного органолептического восприятия.

Как следует из изложенного, при использовании принципа восстановления реализуется своеобразный принцип «невмешательства» в вопросы структуры связи свойств ингредиентов с характером потенциального органолептического восприятия продукта – в этом сутевое отличие принципа восстановления от принципа прогнозирования, при котором выстраивается виртуальная модель возможного органолептического восприятия.

Адекватность интервала органолептических свойств продукта принимаемому характеру органолептического восприятия выявляется при потребительской оценке продукта.

В работе [7] представлен алгоритм разработки продуктов, который можно считать традиционным. Включение вопросов органолептического восприятия в сферу разработки продуктов является направлением, до настоящего времени не сформулированным. В контексте данного направления задача ставится следующим образом: разработать продукт с заданной сырьевой основой, комплексом физико-химических, органолептических и функциональных свойств (при разработке продуктов функционального назначения), воспринимаемый органолептически позитивно целевой группой потребителей в соответствии со сложившимися у них представлениями в отношении органолептических предпочтений.

Задача решается в следующей последовательности:

1. Сообразно сырьевой основе и комплексу заданных свойств продукта определяются качественная и количественная составляющие базовой рецептуры (перечень и соотношение ингредиентов).

Базовая рецептура разрабатывается на основе:

– анализа ранее накопленных знаний о свойствах ингредиентов;

– новых, оперативно полученных данных в контексте конкретной разработки;

– накопленного опыта по разработке аналогичных продуктов;

– расчета показателей, характеризующих пищевую ценность продукта, а также показателей, которые можно поставить в соответствие с его функциональными и органолептическими свойствами.

2. Принимается базовая технология продукта, в соответствии с которой свойства ингредиентов преобразуются в свойства продукта. Базовая технология ориентируется на опыт производства продуктов, свойства которых аналогичны разрабатываемому.

3. Сообразно принятой технологии проводятся экспериментальные (опытные) разработки продукта.

4. Проводится тестирование экспериментальных (опытных) образцов продукта на соответствие его фактических свойств первоначально заданным.

Для тестирования физических и химических свойств используются аналитические методы. Практически на все реально заявляемые и контролируемые физические и химические показатели (параметры) имеются аттестованные методики их определения.

Функциональные свойства, как правило, оцениваются косвенно, на основании справочных данных по содержанию биологически активных веществ в ингредиентах, «закладки» ингредиентов в рецептуру продукта и расчетных данных по содержанию биологически активных веществ в продукте. Оценка фактического функционального статуса продукта не только *in vivo*, но и *in vitro* в большинстве случаев не проводится или проводится формально.

В настоящее время тестирование органолептических свойств продукта осуществляется посредством его органолептической оценки, основанной на методах органолептического анализа. Некоторые показатели органолептических свойств могут определяться инструментальными методами и использоваться в качестве справочной характеристики (например, консистенция может быть поставлена в соответствие с количественной характеристикой – вязкостью).

Органолептическая оценка складывается в процессе органолептического восприятия продукта при его дегустации, которую обычно проводят:

- лица, выбранные для участия в органолептическом анализе, без учета каких-либо критериев (ознакомленные испытатели);
- лица, выбранные с учетом индивидуальной сенсорной чувствительности (отобранные испытатели);
- отобранные испытатели, сенсорная чувствительность которых позволяет проводить анализ продуктов с высокой степенью достоверности и воспроизводимости (эксперты-испытатели).

С практической точки зрения более важной является оценка продукта потенциальными потребителями, т.е. лицами, не отобранными специально для проведения органолептических испытаний (потребительская оценка).

По результатам тестирования делается заключение о соответствии (или несоответствии) фактических свойств продукта заявленным. Кроме того, продукт характеризуется в форме словесного описания (дескриптора) в аспекте его органолептического восприятия.

В случае соответствия свойств, при позитивном органолептическом восприятии, цель разработки считается достигнутой; в противном случае проводится изменение или корректировка рецептуры посредством внесения изменений в ингредиентный состав продукта (перечень ингредиентов рецептуры) и/или количественного соотношения ингредиентов.

Следует заметить, что корректировка свойств и органолептического восприятия продукта в определенном диапазоне может осуществляться посредством внесения изменений в его технологию.

Приведенная выше последовательность разработки продуктов реализует принцип восстановления, алгоритм которого имеет вид

$$I, |I| \leftrightarrow \{I_p, I_c, I_0, I_f\} \rightarrow R \rightarrow P = \{pn\},$$

$$C = \{cm\}, O = \{oe\},$$

$$F = \{fk\} \leftrightarrow P', C', O', F' \rightarrow OP(+)$$
 (9)

или, в вербальном представлении: ингредиентный состав  $I$  и количественное соотношение ингредиентов  $|I|$  находятся в соответствии с множеством физических, химических, органолептических, функциональных свойств ингредиентов  $I_p, I_c, I_0, I_f$ , что определяет рецептуру продукта  $R$ , из которой следуют фактические, физические  $P$ , химические  $C$ , органолептические  $O$ , функциональные  $F$  свойства продукта, представляющие собой множества элементарных физических, химических, органолептических, функциональных свойств. При этом должно соблюдаться условие соответствия фактических свойств  $P, C, O, F$  заданным  $P', C', O', F'$  и обеспечиваться позитивное органолептическое восприятие  $OP(+)$  продукта.

Последовательность выполнения работы при использовании принципа прогнозирования отличается от ранее приведенной содержанием пунктов, связанных с разработкой базовой рецептуры и тестированием продукта.

В дополнение к приведенным основаниям разработки базовой рецептуры используется информация по органолептическому восприятию ингредиентов и общие утверждения относительно вероятного характера связи свойств ингредиентов и органолептического восприятия продукта.

Тестирование продукта дополнительно включает оценку органолептического восприятия продукта по оригинальной методике, в основе которой лежит анализ связи органолептических свойств с характером органолептического восприятия.

Алгоритм принципа прогнозирования имеет вид

$$I, |I| \leftrightarrow \{I_p, I_c, I_0, I_f, I_{op} \subset OP\} \rightarrow R \rightarrow P = \{pn\},$$

$$C = \{cm\}, O = \{oe\}, F = \{fk\} \rightarrow OP \leftrightarrow P', C', O', F' \rightarrow (+) \quad (10)$$

или, в вербальном представлении: ингредиентный состав  $I$  и количественные соотношения ингредиентов  $|I|$  находится в соответствии с множеством физических  $I_p$ , химических  $I_c$ , органолептических  $I_0$ , функциональных  $I_f$  свойств ингредиентов и характером их органолептического восприятия  $I_{op}$ , связанного с органолептическим восприятием продукта  $OP$ , что определяет рецептуру продукта  $R$ , из которой следуют фактические физические  $P$ , химические  $C$ , органолептические  $O$ , функциональные  $F$  свойства продукта, представляющие собой множества элементарных физических  $p_n$ , химических  $c_n$ , органолептических  $o_n$ , функциональных  $f_n$  свойств, определяющие органолептическое восприятие  $OP$  продукта. При этом должно выполняться условие соответствия фактических свойств  $P, C, O, F$  заданным  $P', C', O', F'$  и обеспечиваться позитивное органолептическое восприятие  $OP (+)$  продукта.

Внешняя задача, наряду с разработкой продукта, имеющего определенные свойства и позитивное органолептическое восприятие, имеет другой аспект, связанный с установлением закономерностей корреляции свойств ингредиентов и продукта с органолептическим восприятием продукта.

В связи с этим внешняя задача, сама по себе обладая логической завершенностью, одновременно должна рассматриваться как средство получения информации, позволяющей прогнозировать органолептическое восприятие продукта по его рецептуре или проектировать рецептуру в соответствии с желаемым органолептическим восприятием.

Предпочтительной, но, видимо, не всегда реализуемой или условно реализуемой формой представления результатов исследования закономерностей органолептического восприятия являются функциональные зависимости, связывающие независимые и зависимые переменные.

Зависимой переменной первого порядка является органолептическое восприятие продукта; независимыми переменными – модальность, признак модальности, интенсивность признака модальности.

Переменная первого порядка понимается как целевая функция (органолептическое восприятие). Помимо этого, могут быть выделены переменные второго (например, вкусовое восприятие), третьего

(например, восприятие сладкого вкуса) и других порядков.

Модальность в данном случае идентифицируется с органолептическими параметрами, соответствующими виду чувствительности, или форме отражения раздражителя (дистального стимула) в сенсорной системе. В соответствии с этим выделены следующие органолептические параметры (модальности): вкус, запах, текстура (консистенция), цвет.

В рамках любого вида чувствительности различают субмодальные ощущения, в системе принятых понятий определенные как «признак модальности». Например, для модальности вкуса субмодальные ощущения ассоциированы с признаком вкуса: сладкий, соленый, кислый, горький.

Каждый из признаков вкуса может иметь различную интенсивность, выраженную в различной степени проявления признака.

Органолептическое восприятие, являющееся зависимой переменной или целевой функцией, фиксируется в категориях гедонической шкалы, выраженных антитезами «вкусный – невкусный», «приятный – неприятный». «Дезинтеграция» органолептического восприятия в соответствии со вкусовыми, обонятельными, осязательными (тактильными), зрительными ощущениями приводит к восприятию вкуса, запаха, текстуры (консистенции), цвета.

Аналитически обработанные результаты исследования закономерностей восприятия отдельных модальностей и в целом органолептического восприятия продукта, рассматриваются под ракурсом предпочтительной формализации в виде зависимостей

$$PM = f(Ms, |Ms|), \quad (11)$$

$$OP \rightarrow f(\{M\}, \{Ms\}, \{|Ms|\}), \quad (12)$$

где  $PM$  – восприятие модальности;  
 $OP$  – органолептическое восприятие;  
 $M$  – модальность;  
 $M_s$  – признак модальности;  
 $|M_s|$  – интенсивность признака модальности.

Для приведения зависимостей (11,12), к привычному виду функциональной зависимости  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  требуется:

1. Определение формы количественного представления оценочной характеристики органолептического восприятия.

2. Конкретизация модальностей, признаков модальностей, интенсивности признаков модальностей в виде качественных и/или количественных параметров.

3. Селекция параметров, основанная на целесообразности их использования в качестве независимых переменных.

4. Представление качественных параметров, наделенных статусом независимых переменных, в системе размерностей.

Конкретизация модальностей, признаков модальностей, интенсивности признаков предполагает их рассмотрение в аспекте принадлежности к реальному объекту (модельному продукту). В качестве модельного используется продукт, специально выбранный по комплексу обоснованных признаков для проведения исследований, или продукт, не являющийся специально отобранным, находящийся в номенклатуре перспективных, разработка которых актуальна или целесообразна.

Продуктивность исследований закономерностей органолептического восприятия зависит от степени соответствия модельного продукта критериям выбора, в качестве которых используются:

- критерий вовлеченности, утверждающий предпочтительное совместное использование возможно большего числа модальностей; например, группа модальностей «вкус, запах, текстура» предпочтительнее группы «вкус, запах»;

- критерий вариабельности, в соответствии с которым желателен возможно широкий допустимый диапазон изменения признаков и интенсивности признаков одной модальности; например, изменение вкуса от кисло-сладкого до сладко-кислого при различных соотношениях «кислого» и «сладкого» в граничных номинациях используемого вкусового диапазона;

- критерий совмещенности, допускающий возможно широкое изменение признаков различных модальностей, не приводящее к их антагонистичному проявлению; например, при изменении вкуса от кислого до сладкого возможно неантагонистичное изменение цвета в диапазоне от красного до зеленого.

Приоритет выбора модельного продукта устанавливается степенью его соответствия комплексу указанных критериев, выявляемой в процессе поэлементного анализа независимых переменных, однозначно определяемых ингредиентным составом продукта.

Результаты исследований отражаются практическим аспектом внешней задачи органолептической перцепции, который частично реализован при обсуждении роли запаха и цвета в формировании органолептического восприятия продукта, исследовании некоторых особенностей корреляции запаха пищевого продукта с его органолептиче-

ским восприятием, а также при разработке рецептур и технологий ряда продуктов.

В отношении напитков, используемых в качестве модельных продуктов, установлен приоритет цвета зеленых тонов при визуальном выборе напитка. В то же время с зеленым цветом различной насыщенности ассоциируется кисло-сладкий вкус напитка; сладко-кислый вкус ассоциируется с красным цветом. Ожидания в основном оправдываются после потребления напитков, несмотря на одинаковое содержание в них агентов сладкого (сахарозы) и кислого (лимонной кислоты) вкусов.

Придание продукту запаха, адекватного его цвету (например, красный цвет – малиновый запах), усиливает привлекательность и приятность продукта. При этом придание запаха посредством ароматизатора ослабляет проявление сладкого вкуса и усиливает проявление кислого вкуса, если эти вкусы являются единственными в продукте (раздельное использование сахара-песка и лимонной кислоты). Тенденция проявления сладкого и кислого вкуса сохраняется при бинарном использовании агентов вкуса (совместно сахар-песок и лимонная кислота), но возникают затруднения в раздельном распознавании вкусов.

При разработке майонезного соуса для детского питания использован алгоритм, формализованный зависимостью [7], ориентированный на обеспечение позитивного органолептического восприятия продукта.

Ингредиентный состав соуса, сформированный на основе накопленного опыта по разработке аналогичных продуктов и анализа данных по свойствам потенциальных ингредиентов, включает: экстракт семян сосны кедровой сибирской, масло растительное, сывороточный белок, сахар-песок, соль поваренную, сок лимонный.

Элементарные физические свойства, составляющие множество  $\{P_n\}$  физических свойств  $P$  – консистенция (вязкость), водородный показатель; элементарные химические свойства, составляющие множество  $\{C_m\}$  химических свойств (условно ассоциированных с массовыми долями ингредиентов) – массовые доли растительного жира (экстракт, растительное масло), сахарозы (сахар-песок), хлорида натрия (поваренная соль), лимонной кислоты (лимонный сок); элементарные органолептические свойства, составляющие множество  $\{O_e\}$  органолептических свойств  $O$  – вкус, цвет, запах, текстура. Варьирование элементарных физических и химических свойств определяет восприятие элементарных органолептических свойств и обеспечивает соответствие фактических физических  $P$ , химических  $C$ , органолептических  $O$  свойств заданным ( $P'$ ,  $C'$ ,  $O'$ ) и позитивное органолептическое восприятие  $OP (+)$  продукта.

При исследовании множества рецептов {R} продукта варьировались массовые проценты ингредиентов в следующих диапазонах: экстракт [33,4; 17,0], масло растительное [55,0; 65,0], сывороточный белок [4,0; 6,0], сахар-песок [1,6; 3,4], соль поваренная [1,0; 1,6], сок лимонный [5,0; 7,0].

Установлено количественное соотношение ингредиентов, обеспечивающее позитивное органолептическое восприятие продукта, выявленное в процессе его дегустации: экстракт семян сосны кедровой сибирской – 26,9%; масло растительное – 60,0%; сывороточный белок – 5,0%; сахар-песок – 1,6%; соль поваренная – 1,0%; сок лимонный – 5,5%.

Результаты исследований отражаются практическим аспектом внешней задачи органолептической перцепции, который частично реализован при обсуждении роли запаха и цвета в формировании органолептического восприятия продукта, исследовании некоторых особенностей корреляции запаха пищевого продукта с его органолептическим восприятием, а также при разработке рецептов и технологий ряда продуктов.

В отношении напитков, используемых в качестве модельных продуктов, установлен приоритет цвета зеленых тонов при визуальном выборе напитка. В то же время с зеленым цветом различной насыщенности ассоциируется кисло-сладкий вкус напитка; сладко-кислый вкус ассоциируется с красным цветом. Ожидания в основном оправдываются после потребления напитков, несмотря на одинаковое содержание в них агентов сладкого (сахарозы) и кислого (лимонной кислоты) вкусов.

Придание продукту запаха, адекватного его цвету (например, красный цвет – малиновый запах), усиливает привлекательность и приятность продукта. При этом придание запаха посредством ароматизатора ослабляет проявление сладкого вкуса и усиливает проявление кислого вкуса, если эти вкусы являются единственными в продукте (раздельное использование сахара-песка и лимонной кислоты). Тенденция проявления сладкого и кислого вкуса сохраняется при бинарном использовании агентов вкуса (совместно сахар-песок и лимонная кислота), но возникают затруднения в раздельном распознавании вкусов.

При разработке майонезного соуса для детского питания использован алгоритм, формализованный зависимостью [7], ориентированный на обеспечение позитивного органолептического восприятия продукта.

Ингредиентный состав соуса, сформированный на основе накопленного опыта по разработке аналогичных продуктов и анализа данных по свойствам потенциальных ингредиентов, включает: экстракт семян со-

сны кедровой сибирской, масло растительное, сывороточный белок, сахар-песок, соль поваренную, сок лимонный.

Элементарные физические свойства, составляющие множество {Pn} физических свойств P – консистенция (вязкость), водородный показатель; элементарные химические свойства, составляющие множество {Cm} химических свойств (условно ассоциированных с массовыми долями ингредиентов) – массовые доли растительного жира (экстракт, растительное масло), сахарозы (сахар-песок), хлорида натрия (поваренная соль), лимонной кислоты (лимонный сок); элементарные органолептические свойства, составляющие множество {oe} органолептических свойств O – вкус, цвет, запах, текстура. Варьирование элементарных физических и химических свойств определяет восприятие элементарных органолептических свойств и обеспечивает соответствие фактических физических P, химических C, органолептических O свойств заданным (P', C', O') и позитивное органолептическое восприятие OP (+) продукта.

При исследовании множества рецептов {R} продукта варьировались массовые проценты ингредиентов в следующих диапазонах: экстракт [33,4; 17,0], масло растительное [55,0; 65,0], сывороточный белок [4,0; 6,0], сахар-песок [1,6; 3,4], соль поваренная [1,0; 1,6], сок лимонный [5,0; 7,0].

Установлено количественное соотношение ингредиентов, обеспечивающее позитивное органолептическое восприятие продукта, выявленное в процессе его дегустации: экстракт семян сосны кедровой сибирской – 26,9%; масло растительное – 60,0%; сывороточный белок – 5,0%; сахар-песок – 1,6%; соль поваренная – 1,0%; сок лимонный – 5,5%.

#### Список литературы

- ГОСТ ISO 5492-2014 Органолептический анализ. Словарь. М., Стандартинформ, 2015. 52 с.
- Заворохина Н.В. Новые стандарты в области органолептического анализа пищевых продуктов. Молочная промышленность. 2017. № 9. С. 24–25.
- Кун Д. Основы психологии: Большая энциклопедия психологии. СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2007. С. 720.
- Золотин А.Ю., Симоненко С.В., Шахайло Н.А., Фелик С.В., Антипова Т.А. Роль запаха и цвета в формировании органолептического восприятия продукта // Инновации и технологии продуктов здорового питания. IV Всероссийская научная конференция (24 мая 2017 г.) V Международный Балтийский морской форум: сборник научных трудов. Калининград: Издательство ФГБОУ ВО КГТУ, 2017. С. 103–110.
- Ануфриенко С.А. Введение в теорию множеств и комбинаторику: учебное пособие. Екатеринбург: УрГУ, 1998. С. 62.
- Белова Л.Ю., Белов Ю.А. Элементы теории множеств и математической логики. Теория и задачи: учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2012. С. 204.
- Золотин А.Ю., Башкиров О.И., Симоненко С.В., Антипова Т.А. Алгоритм разработки продуктов детского питания // Совершенствование технологий производства продуктов питания в свете Государственной программы развития сельского хозяйства на 2008–2012 гг.: материалы Международной научно-практической конференции (г. Волгоград, 18–19 июня 2008 г.). Волгоград: РАСХН, 2008. С. 94–96.

УДК 612.821

## СВЯЗЬ ЛИЧНОСТНОЙ ТРЕВОЖНОСТИ СО СПЕКТРАЛЬНО-КОГЕРЕНТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ А1-РИТМА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА

<sup>1,2</sup>Каратыгин Н.А., <sup>1</sup>Коробейникова И.И., <sup>2</sup>Венерина Я.А., <sup>2</sup>Бирюкова Е.В.

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина»,  
Москва, e-mail: [nikol.karatygin@yandex.ru](mailto:nikol.karatygin@yandex.ru), [i\\_korobeinikova@mail.ru](mailto:i_korobeinikova@mail.ru);

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет  
им. И.М. Сеченова» Минздрава РФ, Москва

С целью выявления показателей ЭЭГ, которые могли бы служить коррелятами личностной тревожности, исследовали спектрально-когерентные характеристики ЭЭГ  $\alpha 1$ -диапазона у 42 испытуемых (мужчины в возрасте 18–21 года). В качестве тестового задания использовался компьютеризированный тест Горбова – Шульге (красно-черные таблицы). Оценка личностной тревожности (по Спилбергеру) проводилась до тестирования. Были выделены лица с низкой и высокой личностной тревожностью. У низкотревожных испытуемых наблюдалась более высокая мощность  $\alpha 1$ -ритма в фоне при закрытых глазах и в состоянии спокойного бодрствования при открытых глазах после выполнения всех тестовых заданий. Когерентность потенциалов  $\alpha 1$ -диапазона ЭЭГ была выше в исходном состоянии в ряде отведений у низкотревожных испытуемых, а при выполнении заданий – у высокотревожных. У низкотревожных и высокотревожных лиц существенно различался паттерн изменения картины когерентных связей во время выполнения тестовых заданий. При выполнении заданий у низкотревожных испытуемых межполушарная когерентность снижалась и сокращалось количество высококогерентных межполушарных связей. У высокотревожных испытуемых количество высококогерентных связей существенно не изменялось. Таким образом, у низкотревожных испытуемых, в отличие от высокотревожных, имела место лабильность паттерна когерентных связей.

**Ключевые слова:** личностная тревожность, ЭЭГ, альфа-ритм, когерентность

## THE RELATIONSHIP OF TRAIT ANXIETY WITH A SPECTRAL-COHERENT CHARACTERISTICS OF A1-RHYTHM IN THE HUMAN EEG

<sup>1,2</sup>Karatygin N.A., <sup>1</sup>Korobeynikova I.I., <sup>2</sup>Venerina Ya.A., <sup>2</sup>Biryukova E.V.

<sup>1</sup>P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow,  
e-mail: [nikol.karatygin@yandex.ru](mailto:nikol.karatygin@yandex.ru), [i\\_korobeinikova@mail.ru](mailto:i_korobeinikova@mail.ru);

<sup>2</sup>First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

In order to identify EEG correlates of trait anxiety, spectral-coherent characteristics of EEG  $\alpha 1$ -band were calculated in 42 subjects (men aged 18–21). Computerized version of Gorbov – Shulte’s test was used as a test task. Assessment of trait anxiety (according to Spielberger) was conducted before testing. Subjects with low and high trait anxiety were singled out. It was revealed, that low-anxiety subjects were characterized with a higher power of  $\alpha 1$ -rhythm in the initial state with the eyes closed and in a state of quiet wakefulness with eyes opened after passing through the all test tasks. Coherence of biopotentials of the  $\alpha 1$ -range of EEG was higher in the initial state in a number of leads in low – anxiety subjects, comparing with high-anxiety subjects who demonstrated higher coherence during tasks performance. The pattern of coherent connections was significantly different in low- and high – anxiety subjects during execution of the tests. Interhemispheric coherence decreased during low-anxiety subjects passed through the tasks in, as well as the number of high-coherence interhemispheric connections reduced. The number of high-coherence bonds did not change significantly in high-anxiety subjects. As a result, lability of pattern of coherent relations was observed in low-anxiety subjects, in comparison with high-anxiety ones.

**Keywords:** trait anxiety, EEG, alpha rhythm, coherence

Под тревожностью обычно понимают индивидуальную психологическую особенность, которая проявляется в переживании эмоционального дискомфорта, обусловленного антиципацией человеком ожидающейся угрожающей или неблагоприятной ситуации, а также в низком пороге возникновения состояния тревоги [1].

Тревожность может быть адекватной, когда она выполняет приспособительную функцию подготовки организма к встрече с реальной угрожающей ситуацией, и неадекватной, когда человек воспринимает объективно безопасные ситуации как угро-

жающие и реагирует на них развитием состояния тревоги.

Часто выделяют ситуационную и личностную тревожность (ЛТ). Состояние ситуационной тревожности возникает в ответ на конкретную ситуацию, имеющую какие-либо стрессовые факторы. Тревожность как личностная диспозиция определяется тем, насколько часто и интенсивно человек испытывает состояние тревоги, и соотносится скорее с неадекватной формой тревожности [2].

Несмотря на то, что поискам электрофизиологических коррелятов тревожности

посвящено большое количество исследований, до сих пор нет однозначного понимания, какие спектрально-пространственные характеристики ЭЭГ наиболее репрезентативны для определения уровня тревожности человека. С тревожностью связывают разные диапазоны биоэлектрической активности мозга, однако чаще всего коррелируют тревожности обнаруживаются в рамках  $\alpha$ -ритма ЭЭГ. Установлена непосредственная связь уровня тревожности с разными характеристиками  $\alpha$ -активности [3]. Показана связь личностной тревожности с мощностью  $\alpha$ -ритма в ситуации экзаменационного стресса [4]. В ряде работ применяется БОС-тренинг, ориентированный на управление частотно-амплитудными характеристиками  $\alpha$ -ритма, для снятия состояний тревоги и депрессии [5, 6]. Результаты подобных исследований подтверждают, что именно  $\alpha$ -ритм является необходимым компонентом имеющим отношение к физиологическому обеспечению состояния тревоги.

В. Клемешем предложена концепция «inhibition-timing hypothesis» [7, 8]. Согласно этой концепции синхронизация  $\alpha$ -колебаний может отражать процессы нисходящего контроля, благодаря которым происходит торможение нерелевантной информации, что обеспечивает работу механизмов избирательного произвольного внимания. Кроме этого,  $\alpha$ -синхронизация может быть связана с формированием временной структуры процессов прохождения информации по разным корковым зонам. Десинхронизация  $\alpha$ -ритма отражает уменьшение торможения и вовлечение большого числа нейронов в обработку информации.

Согласно современным представлениям,  $\alpha$ -активность не является однородной, и существует несколько самостоятельных систем генерации  $\alpha$ -ритма, которые могут выполнять различные функции. Показано, что  $\alpha$ -активность может являться частью системы аффективного внимания [9]. Причем связь с процессами произвольного внимания имеет именно низкочастотная компонента  $\alpha$ -ритма ( $\alpha_1$ ) [8], тогда как с произвольным вниманием чаще ассоциируют высокочастотную  $\alpha$ -активность [10]. Можно предположить, что тревожность также связана с задействованием системы произвольного внимания, что обусловлено постоянным произвольным мониторингом возможных опасностей, а следовательно корреляты тревожности будут проявляться в низкочастотном  $\alpha$ -диапазоне.

Принимая во внимание вышеизложенное, можно заключить, что на сегодняшний день не выработано единой позиции относительно того, какие показатели ЭЭГ

наиболее адекватно отражают уровень тревожности вообще и уровень личностной тревожности в частности. С другой стороны, имеются веские основания считать, что показатели ЭЭГ, наиболее тесно связанные с тревожностью, могут находиться в диапазоне низкочастотного  $\alpha$ -ритма.

Целью данного исследования было определение спектрально-когерентных характеристик  $\alpha_1$ -диапазона ЭЭГ, которые могли бы служить коррелятами личностной тревожности.

### Материалы и методы исследования

В исследовании на основе добровольного информированного согласия участвовали 42 испытуемых (мужчины в возрасте 18–21 года). Процедура обследования соответствовала стандартам локального этического комитета Первого МГМУ им. И.М. Сеченова. В качестве зрительно-моторной задачи использовался компьютеризированный тест Горбова-Шульте (красно-черные таблицы). Обследование состояло из двух заданий. Во время обследования испытуемый находился в удобном кресле перед экраном монитора (17 дюймов). На мониторе отображалась таблица (7x7 квадратов), содержащая 24 красных и 25 черных квадратов, на каждом из которых имелся собственный номер. Паттерны расположения квадратов для каждого задания были изначально заданы методом случайной генерации. Для всех испытуемых использовался одинаковый набор паттернов.

На основе предварительной инструкции испытуемый должен был в первом задании (КЧ) выбрать (указать курсором мышки) черные квадраты в порядке возрастания их номеров от (1 до 25), а затем – красные квадраты в порядке убывания номеров (от 24 до 1). Во втором задании (ЧЕРЕД) испытуемый должен был выбрать по очереди черные и красные квадраты, черные в порядке возрастания, а красные в порядке убывания: 1 черный, 24 красный, 2 черный, 23 красный и т.д.

По результатам выполнения компьютерной задачи для каждого испытуемого вычисляли время между последовательными кликами по квадратам, величина которого усреднялась по каждому заданию (среднее время клика, мс) и число допущенных при этом ошибок.

У испытуемых тестировали уровень личностной тревожности (STAI) по Ч. Спилбергеру, в модификации Ю.Л. Ханина.

ЭЭГ регистрировали в исходном состоянии при открытых (Ф1ОГ) и закрытых (Ф1ЗГ) глазах, во время выполнения заданий (КЧ, ЧЕРЕД) и в состоянии спокойного бодрствования после выполнения заданий (Ф2ОГ). ЭЭГ регистрировали с помощью электроэнцефалографа «Нейрон-спектр» (г. Иваново) монополярно по схеме «10–20» в затылочных (O2, O1), теменных (P4, P3), центральных (C4, C3), лобных (F4, F3) и височных (T4, T3) отведениях. Объединенные референтные электроды располагались на мочках ушей. Полоса фильтрации составляла 0,5–35,0 Гц, постоянная времени – 0,32 с, режестивный фильтр – 50 Гц. После регистрации все записи ЭЭГ были переведены в компьютерную систему анализа и топографического картирования электрической активности мозга «BRAINSYS» для Windows и обработаны с помощью аппаратно – программного комплекса «НЕЙРО-КМ» (ООО «Статокин», г. Москва). Артефакты исключали из анализируемой записи

с использованием возможностей программного комплекса BRAINSYS. Спектрально-когерентный анализ ЭЭГ проводили на основе быстрого преобразования Фурье (пакет программ BRAINSYS). Эпоха анализа составляла 4 сек при длительности каждого фрагмента в 1 мин, частота оцифровки – 200 Гц. Рассчитывали спектральную мощность  $\alpha 1$ -диапазона (7–10 Гц) ЭЭГ. Для всех пар отведений вычисляли средние значения функции когерентности (Кког) в  $\alpha 1$ -диапазоне. Для статистической обработки использовался программный пакет STATISTICA v.8.0. При нормальном распределении анализируемых показателей вычисляли среднее значение (M) и стандартную ошибку среднего (m). Достоверность различий анализируемых показателей у испытуемых выделенных групп оценивали с помощью t-критерия для независимых выборок. Достоверность изменения значений показателей в разных ситуациях у одной группы испытуемых оценивали с использованием t-критерия для связанных выборок.

**Результаты исследования и их обсуждение**

По результатам тестирования по группе испытуемых в целом среднее значение ЛТ равнялось  $36 \pm 1,33$  балла, при индивидуальном разбросе от 23 до 67 баллов. Выделены группы испытуемых с низкой (1-я группа;  $M = 28,36 \pm 0,66$  баллов; 14 человек) и высокой (2-я группа;  $M = 45,85 \pm 2,26$  баллов; 13 человек) ЛТ.

По результатам выполнения компьютерной задачи достоверных различий по количеству ошибок (КЧ  $p = 0,487$ , ЧЕРЕД  $p = 0,28$ ) и по среднему времени клика (КЧ  $p = 0,732$ , ЧЕРЕД  $p = 0,919$ ) между испытуемыми 1-й и 2-й групп не наблюдалось.

Проведенный спектральный анализ показал, что у испытуемых с низкой ЛТ в исходном состоянии при закрытых глазах мощность потенциалов  $\alpha 1$ -диапазона ЭЭГ

была во всех отведениях достоверно выше, чем у испытуемых с высокой ЛТ (табл. 1). Также у лиц 1-й группы мощность потенциалов  $\alpha 1$ -диапазона была достоверно выше в некоторых отведениях (P4, C4, C3, F4, F3) при открытых глазах в состоянии спокойного бодрствования после выполнения всех заданий (Ф2ОГ) (табл. 1). На всех остальных этапах обследования (Ф1ОГ, КЧ, ЧЕРЕД) различия по мощности  $\alpha 1$ -ритма между испытуемыми обеих групп не зарегистрированы (кроме T4 в ЧЕРЕД).

Анализ коэффициентов когерентности биопотенциалов  $\alpha 1$ -диапазона выявил существенные различия между выделенными группами в фоне при закрытых глазах и во время выполнения задания на этапах КЧ и ЧЕРЕД.

У испытуемых 1-й группы на этапе Ф1ЗГ зарегистрированы достоверно более высокие Кког в гомологичных межполушарных взаимосвязях (O1-O2, P3-P4, C3-C4, F3-F4), а также в ряде негомологичных межполушарных взаимосвязей (O2-P3, C3-T4, C4-T3, C4-F3, F3-T4, F4-T4, F4-T3) (табл. 2).

На этапе КЧ наблюдалась обратная ситуация: достоверно более высокие Кког отмечались у испытуемых 2-й группы. Различия были зарегистрированы в гомологичных межполушарных взаимосвязях (O1-O2, P3-P4, C3-C4, F3-F4) и в негомологичных межполушарных связях (O1-T4, O1-P4, P4-C3, P4-F3, P4-T3, P3-C4, C4-F3, C3-F4) (табл. 2).

На этапе ЧЕРЕД достоверно более высокие Кког у испытуемых 2-й группы имели место в гомологичных (O1-O2, P3-P4, C3-C4) и в негомологичных (O1-T4, P3-C4, P4-C3, P4-F3, F3-C4) межполушарных связях и в связи F4-T4 (табл. 2).

**Таблица 1**

Спектральная мощность потенциалов  $\alpha 1$ -диапазона ЭЭГ у испытуемых с разной личностной тревожностью в исходном состоянии при закрытых глазах (Ф1ЗГ) и при открытых глазах в состоянии спокойного бодрствования после выполнения задания (Ф2ОГ)

Отведения ЭЭГ	Ф1ЗГ			Ф2ОГ		
	Группа 1 ( $M \pm m$ ; мкВ <sup>2</sup> )	Группа 2 ( $M \pm m$ ; мкВ <sup>2</sup> )	p	Группа 1 ( $M \pm m$ ; мкВ <sup>2</sup> )	Группа 2 ( $M \pm m$ ; мкВ <sup>2</sup> )	p
O2	80,84 ± 16,22	26,80 ± 10,19	0,0104	–	–	–
O1	63,62 ± 10,04	29,58 ± 12,63	0,0436	–	–	–
P4	50,90 ± 11,49	18,27 ± 5,39	0,0191	19,97 ± 3,35	10,30 ± 3,27	0,0499
P3	49,08 ± 12,33	15,03 ± 4,72	0,0191	–	–	–
C4	29,37 ± 4,21	11,07 ± 2,90	0,0017	14,82 ± 2,59	6,93 ± 1,58	0,0171
C3	31,56 ± 5,15	9,96 ± 2,24	0,0010	14,25 ± 2,57	6,87 ± 1,52	0,0227
F4	27,99 ± 3,49	10,24 ± 2,52	0,0004	13,49 ± 2,63	6,82 ± 1,44	0,0390
F3	28,00 ± 3,88	9,56 ± 1,97	0,0003	13,43 ± 2,81	6,72 ± 1,44	0,0482
T4	8,85 ± 1,30	3,88 ± 0,97	0,0055	–	–	–
T3	9,22 ± 1,28	4,25 ± 1,25	0,0104	–	–	–

На этапах Ф1ОГ и Ф2ОГ достоверных отличий между группами по Кког  $\alpha 1$ -диапазона выявлено практически не было (за исключением связей С3-Т4 на этапе Ф2ОГ).

Таким образом, у испытуемых 1-й группы по сравнению с лицами 2-й на этапе Ф1ЗГ межполушарные Кког в ряде пар отведений ЭЭГ были достоверно выше, а на этапах КЧ и ЧЕРЕД – достоверно ниже. Анализ причин подобных изменений выявил, что у испытуемых 1-й группы выполнение заданий сопровождалось достоверным уменьшением исходно высоких межполушарных Кког в большом количестве пар отведений при сравнении Ф1ЗГ как с КЧ (О2-О1, О2-Р3, О2-С3, О2-Т3, О1-Р4, Р4-Р3, Р4-С3, Р4-Ф3, Р4-Т3, Р3-С4, Р3-Т4, С4-С3, С4-Ф3, С4-Т3, С3-Ф4, С3-Т4, Ф4-Ф3, Ф3-Т4, Т3-Т4), так и с ЧЕРЕД (О2-О1, О2-Р3, О2-С3, О2-Т3, О1-Р4, О1-Т4, Р4-Р3, Р4-С3, Р4-Ф3, Р4-Т3, Р3-С4, Р3-Т4, С4-С3, С4-Ф3, С4-Т3, С3-Ф4, С3-Т4, Ф4-Ф3, Ф3-Т4, Т3-Т4). У испытуемых 2-й группы во время выполнения заданий межполушарные Кког достоверно увеличивались в отведениях: О2-С3, О1-Р4, О1-С4, Р4-С3, Р4-Ф3, С4-Т3, С3-Т4 при сравнении Ф1ЗГ и КЧ; О2-С3, О1-С4, С4-Т3, С3-Т4 при сравнении Ф1ЗГ и ЧЕРЕД.

По каждому этапу обследования была составлена карта топографического расположения когерентных связей  $\alpha 1$ -диапазона для испытуемых 1-й и 2-й групп (рис. 1). На карте представлены только высококогерентные связи, Кког которых превышал 0,55.

Как видно из рис. 1, у лиц с низкой ЛТ имело место различное количество межполушарных связей на этапах спокойного бодрствования (Ф1ЗГ, Ф1ОГ, Ф2ОГ) и на этапах выполнения заданий (КЧ, ЧЕРЕД). У испытуемых с высокими показателями ЛТ такого различия в количестве связей на этапах спокойного бодрствования и на этапах выполнения заданий не наблюдалось.

В целях более детального анализа выявленной закономерности для каждого испытуемого было подсчитано количество высококогерентных межполушарных (за исключением связей с височными зонами Т3 и Т4) связей (Кког > 0,55) на каждом этапе обследования, после чего было определено среднее количество таких связей для испытуемых 1-й и 2-й групп. Обнаружено, что у испытуемых 1-й группы при выполнении заданий количество когерентных связей было достоверно ниже относительно предшествующего или последующего этапов спокойного бодрствования (Ф1ЗГ-КЧ  $p = 0,00027$ ; ЧЕРЕД-Ф2ОГ  $p = 0,0053$ ) (рис. 2). В отличие от них у испытуемых 2-й группы количество межполушарных связей во время выполнения заданий относительно этапов спокойного бодрствования достоверно не изменялось.

Следует отметить, что количество межполушарных связей у испытуемых 1-й группы во время выполнения заданий было достоверно ниже, чем у лиц 2-й группы (КЧ  $p = 0,00258$ ; ЧЕРЕД  $p = 0,0141$ ).

**Таблица 2**

Значения Кког  $\alpha 1$ -диапазона ЭЭГ у испытуемых 1-й и 2-й групп на этапах обследования

Этапы обследования											
Ф1ЗГ				КЧ				ЧЕРЕД			
Пары отвед.	1 гр.	2 гр.	p	Пары отвед.	1 гр.	2 гр.	p	Пары отвед.	1 гр.	2 гр.	p
О2-О1	0,722	0,602	0,027	О2-О1	0,563	0,646	0,010	О2-О1	0,546	0,621	0,031
О2-Р3	0,592	0,473	0,050	О1-Р4	0,524	0,585	0,047	О1-Т4	0,292	0,371	0,032
О2-Т4	0,596	0,714	0,025	О1-Т4	0,321	0,404	0,046	Р4-Р3	0,538	0,628	0,034
Р4-Р3	0,751	0,617	0,020	Р4-Р3	0,548	0,662	0,006	Р4-С3	0,423	0,539	0,022
С4-С3	0,802	0,684	0,031	Р4-С3	0,441	0,577	0,004	Р4-Ф3	0,306	0,399	0,035
С4-Ф3	0,727	0,600	0,014	Р4-Ф3	0,314	0,435	0,009	Р3-С4	0,477	0,569	0,033
С4-Т3	0,415	0,247	0,011	Р4-Т3	0,325	0,400	0,030	С4-С3	0,530	0,633	0,043
С3-Т4	0,434	0,196	0,002	Р3-С4	0,499	0,594	0,005	С4-Ф3	0,476	0,580	0,045
Ф4-Ф3	0,831	0,717	0,036	С4-С3	0,545	0,666	0,002	Ф4-Т4	0,544	0,421	0,032
Ф4-Т4	0,470	0,310	0,032	С4-Ф3	0,491	0,608	0,006				
Ф4-Т3	0,348	0,218	0,047	С3-Ф4	0,525	0,621	0,013				
Ф3-Т4	0,379	0,190	0,008	Ф4-Ф3	0,588	0,682	0,023				

**Примечание.** В таблице приведены только пары отведений, в которых наблюдались достоверные различия в значениях Кког между группами.

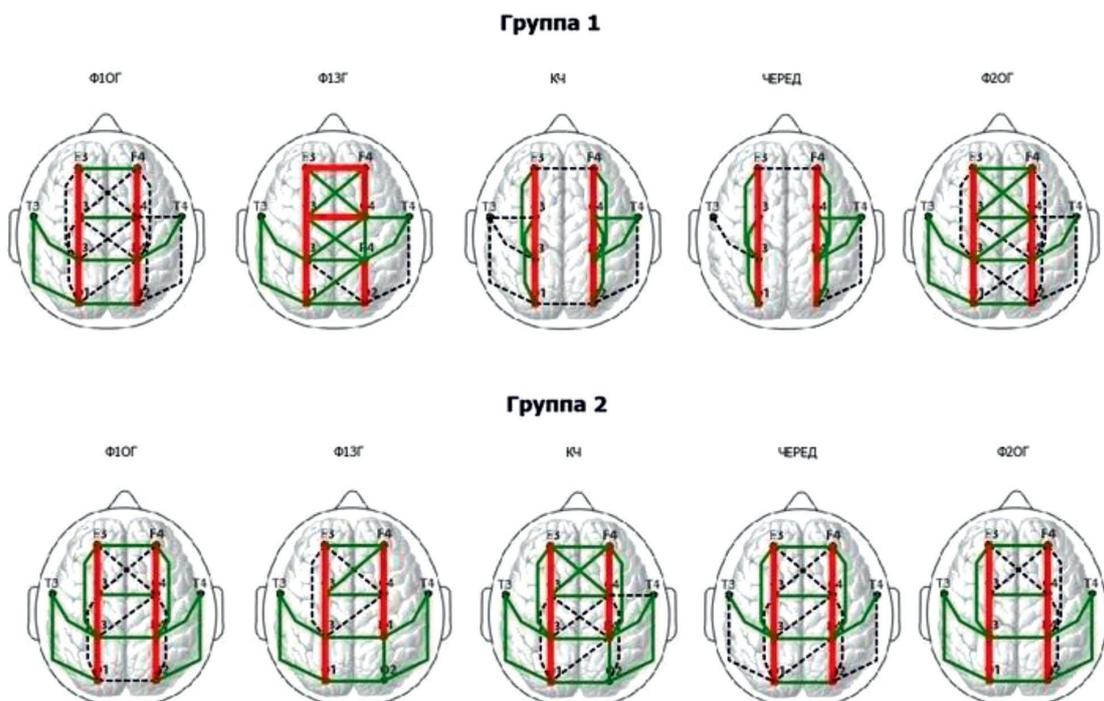


Рис. 1. Топографическое распределение когерентных связей  $\alpha 1$ -диапазона ЭЭГ испытуемых 1-й и 2-й групп на этапах обследования. Толстые красные линии –  $K_{ког} > 0,8$ ; тонкие зеленые линии –  $0,6 < K_{ког} < 0,8$ ; пунктирные линии –  $0,55 < K_{ког} < 0,6$

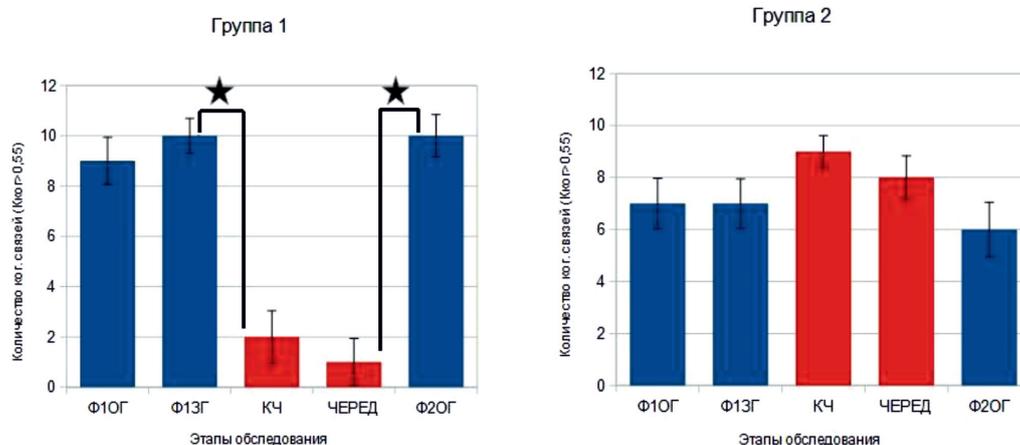


Рис. 2. Количество межполушарных (за исключением связей с височными зонами T3 и T4) когерентных связей ( $K_{ког} > 0,55$ )  $\alpha 1$ -диапазона ЭЭГ у испытуемых 1-й и 2-й групп на этапах обследования: синие столбики – этапы фона и спокойного бодрствования, красные – выполнение задания. Звездочками отмечены достоверные различия между количеством когерентных связей на этапах обследования. Достоверность различий приведена в тексте

В результате проведенного исследования выявлен ряд особенностей спектральных характеристик и паттернов пространственного распределения когерентных связей, характерных для испытуемых с разным уровнем личностной тревожности.

У испытуемых с низкой ЛТ по сравнению с лицами с высокой ЛТ во всех регистрируемых отведениях наблюдалась более высокая мощность биопотенциалов  $\alpha 1$ -диапазона в исходном состоянии при закрытых глазах. Эти результаты подтверждают

ранее полученные нами данные о большей спектральной мощности  $\alpha$ -ритма у низкотревожных испытуемых [5].

Интересно, что подобные различия отмечались и в ситуации спокойного бодрствования с открытыми глазами после выполнения всех заданий (Ф2ОГ). В этом случае, как и при Ф13Г, у низкотревожных лиц наблюдалась большая мощность  $\alpha$ 1-ритма, чем у высокотревожных.

Можно предположить, что у испытуемых 1-й группы ситуация тестирования вызывала адекватное повышение уровня тревожности, а после завершения тестирования она возвращалась в исходное состояние.

Следует отметить, что на этапах Ф13Г и Ф2ОГ наибольшие различия между испытуемыми 1-й и 2-й групп имели место во фронтальных и центральных отведениях. По-видимому, это связано с особой ролью лобных и центральных зон коры в процессах оценки человеком опасности ситуации и планирования дальнейших действий. Так как оценка степени угроз является достаточно субъективной, в ряде исследований регистрируются различия во фронтально-центральных зонах коры, связанные с тревожностью и стрессом [3, 11].

Как уже говорилось выше, десинхронизация  $\alpha$ 1-ритма отражает процессы произвольного внимания и общий уровень активации мозга [7, 8]. С этой точки зрения большие значения мощности  $\alpha$ 1-ритма в фоновом состоянии с закрытыми глазами и после выполнения задания у низкотревожных испытуемых могут быть связаны с меньшей активацией мозговых структур и меньшим базальным уровнем произвольного внимания. У высокотревожных лиц системы произвольного внимания, связанные с поиском и оценкой возможных угроз, активированы даже в ситуациях, не требующих активной деятельности.

Анализ когерентных взаимоотношений биопотенциалов  $\alpha$ 1-диапазона ЭЭГ показал, что в фоновом состоянии с закрытыми глазами большая когерентность межполушарных связей была свойственна группе лиц с низкой ЛТ. Это согласуется с результатами исследования, в котором показано, что переживанию тревоги и печали сопутствует снижение когерентности в  $\alpha$ -диапазоне [12]. Результаты настоящего исследования также показали, что во время выполнения заданий межполушарная когерентность, наоборот, оказалась выше у высокотревожных испытуемых. В большинстве пар отведений изменение соотношения Кког у низко- и высокотревожных испытуемых происходило за счет уменьшения коге-

рентности у низкотревожных испытуемых. Можно предположить, что это произошло за счет изменения пространственного паттерна взаимодействия корковых зон. Если в состоянии покоя у низкотревожных испытуемых имела место синхронизация активности обоих полушарий, то при выполнении задания каждое полушарие включалось в осуществление специфических форм анализа информации, что уменьшало межполушарную когерентность у этих лиц. На всех этапах выполнения заданий у низкотревожных испытуемых имело место меньшее количество межполушарных связей, по сравнению с исходным состоянием и с состоянием спокойного бодрствования после обследования.

На основании результатов исследования можно предположить, что большая латерализация активности корковых зон при выполнении заданий, выражающаяся у низкотревожных испытуемых в снижении межполушарной когерентности на частоте  $\alpha$ 1-ритма, соотносится с меньшим уровнем тревожности. Связь межполушарных взаимоотношений со стрессом и тревожностью прослеживается в целом ряде работ [13, 14].

В настоящем обследовании показано, что у низкотревожных испытуемых переход от этапа к этапу обследования характеризуется различным паттерном когерентных связей в  $\alpha$ 1-диапазоне, что не наблюдалось у высокотревожных индивидов. Наши предыдущие исследования показали, что лабильность паттерна когерентных взаимоотношений способствует большей успешности выполнения задания [15]. В настоящем исследовании у низко- и высокотревожных испытуемых корреляция с успешностью не выявлена, однако изменчивость паттерна когерентных взаимосвязей сочеталась с меньшей тревожностью, что может свидетельствовать о способности таких индивидов более эффективно использовать психические ресурсы организма, адекватно подстраивая активность различных областей коры под требования выполняемой задачи.

### Выводы

1. Спектрально-когерентные характеристики  $\alpha$ 1-ритма могут рассматриваться в качестве электрофизиологических коррелятов личностной тревожности испытуемых.

2. У низкотревожных испытуемых наблюдалась более высокая мощность  $\alpha$ 1-ритма в исходном состоянии при закрытых глазах и в состоянии спокойного бодрствования при открытых глазах после выполнения всех тестовых заданий.

3. Различия в когерентности  $\alpha 1$ -диапазона между группами низкотревожных и высокотревожных испытуемых были обусловлены в основном межполушарными взаимосвязями. В исходном состоянии когерентность потенциалов  $\alpha 1$ -диапазона была выше в ряде отведений ЭЭГ у низкотревожных лиц, а при выполнении заданий – у высокотревожных.

4. У низкотревожных испытуемых в отличие от высокотревожных наблюдалась лабильность паттерна когерентных взаимосвязей  $\alpha 1$ -диапазона в соответствии с этапами деятельности.

#### Список литературы

1. Большой психологический словарь / ред. Б.Г. Мещерякова, акад. В.П. Зинченко. М.: АСТ, 2009. 816 с.
2. Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., Джос Ю.С. Проблема тревожности как сложного психофизиологического явления // Экология человека. 2014. № 6. С. 47–54.
3. Князев Г.Г., Савостьянов А.Н., Левин Е.А., Слободской-Плюснин Я.Ю., Бочаров, А.В. Электроэнцефалографические корреляты тревожности // Бюллетень Сибирского отделения РАМН. 2009. Т. 29. № 1. С. 74–80.
4. Джебраилова Т.Д. Спектральные характеристики ЭЭГ у студентов с различной личностной тревожностью в ситуации экзаменационного стресса // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2003. № 53 (4). С. 495–502.
5. White E.K., Groeneveld K.M., Tittle R.K., Bolhuis N.A., Martin R.E., Royer T.G., Fotuhi M. Combined neurofeedback and heart rate variability training for individuals with symptoms of anxiety and depression: A retrospective study. *NeuroRegulation*. 2017. vol. 4. no. 1. P. 37–55.
6. Escolano C., Navarro-Gil M., Garcia-Campayo J., Congedo M., De Ridder D., Minguez J. A controlled study on the cognitive effect of alpha neurofeedback training in patients with major depressive disorder. *Frontiers in behavioral neuroscience*. 2014. vol. 8. P. 296.
7. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain research reviews*. 2007. vol. 53. no. 1. P. 63–88.
8. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences*. 2012. vol. 16. no. 12. P. 606–617.
9. Uusberg A., Uibo H., Kreegipuu K., Allik J. EEG alpha and cortical inhibition in affective attention. *International Journal of Psychophysiology*. 2013. vol. 89. no. 1. P. 26–36.
10. Lobier M., Palva J.M., Palva, S. High-alpha band synchronization across frontal, parietal and visual cortex mediates behavioral and neuronal effects of visuospatial attention. *NeuroImage*. 2018. vol. 165. P. 222–237.
11. Quaedflieg C.W.E.M., Meyer T., Smulders F.T.Y., Smeets T. The functional role of individual-alpha based frontal asymmetry in stress responding. *Biological psychology*. 2015. vol. 104. P. 75–81.
12. Hinrichs H., Machleidt W. Basic emotions reflected in EEG-coherences. *International Journal of Psychophysiology*. 1992. vol. 13. no. 3. P. 225–232.
13. Alonso J.F., Romero S., Ballester M.R., Antonijoan R.M., Mañanas M.A. Stress assessment based on EEG univariate features and functional connectivity measures. *Physiological measurement*. 2015. vol. 36. no. 7. P. 1351–1364.
14. Giannakakis G., Grigoriadis D., Tsiknakis M. Detection of stress/anxiety state from EEG features during video watching. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). 37th Annual International Conference of the IEEE*. 2015. P. 6034–6037.
15. Джебраилова Т.Д., Коробейникова И.И., Каратыгин Н.А. Лабильность структуры когерентных взаимосвязей биопотенциалов в диапазонах основных ритмов ЭЭГ и эффективность интеллектуальной деятельности человека // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 3(52). С. 58–60.

УДК 582.5(571.64)

## СИСТЕМА APG IV И ЕЕ СРАВНЕНИЕ С СИСТЕМОЙ ТАХТАДЖЯНА НА ПРИМЕРЕ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Родина Е.Ю., Олейник Д.А.

ФГБОУ «Сахалинский государственный университет», Южно-Сахалинск, e-mail: office@sakhgu.ru

В работе дана краткая характеристика слабо распространенной в России системы классификации покрытосеменных, представленной «группой филогении покрытосеменных» – системы APG IV. Данная система учитывает наиболее современные исследования в области генетики и сосредоточена на установлении связей «семейство – порядок». Анализ определенных консервативных участков ДНК у большого количества таксонов позволил расположить покрытосеменные в соответствии с естественными родственными связями растений, то есть выстроить филогенетическое древо APG IV. В данном исследовании проведено сравнение широко используемой в России системы Тахтаджяна и системы APG IV на примере покрытосеменных растений Сахалинской области. В качестве материала для исследования использовались 1389 образцов покрытосеменных растений, среди которых выделено 476 видов покрытосеменных, составляющих 271 род. Согласно системе Тахтаджяна, данные растения представляют 77 семейств покрытосеменных. Выявлена значительная разница в количестве порядков, в которые объединяются исследованные растения по сравниваемым системам: 57 согласно системе Тахтаджяна и 32 по APG IV. Полученные данные свидетельствуют о том, что система APG IV устанавливает больше родственных взаимосвязей между семействами, чем система Тахтаджяна.

**Ключевые слова:** покрытосеменные, систематика, APG, Сахалинская область

## THE APG IV SYSTEM AND ITS COMPARISON WITH THE TAKHTAJAN SYSTEM USING ANGIOSPERMS OF SAKHALIN REGION AS AN EXAMPLE

Rodina E.Yu., Oleynik D.A.

Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: office@sakhgu.ru

In this project we have briefly described the system of angiosperm classification given by Angiosperm phylogeny group – the APG IV system – which is little known in Russia. This system reflects the latest genetic researches and focuses on making connections of the «family – order» type. The analysis of certain conservative DNA regions of a great number of taxons has made it possible to put angiosperms in order corresponding to natural relationships between the plants which means building up an APG IV phylogenetic tree. This research suggests a comparison of a system, that is wide-spread in our country – the Takhtajan system – and the APG IV system using angiosperms of Sakhalin region as an example. We used 1389 samples of angiosperm plants as a material for the research, among which there are 476 species of angiosperms which make up 271 genres. These plants represent 77 families according to the Takhtajan system. A considerable difference between the number of orders among the researched plants systematized according to compared systems was found: 57 by the Takhtajan system and 32 by the APG IV. The received data shows that the APG IV system makes more connections between families than the Takhtajan's one.

**Keywords:** angiosperms, systematics, APG, Sakhalin region

В России и, частично, за рубежом широко распространилась и используется до сих пор система Армена Леоновича Тахтаджяна (1910–2009 гг.) [1].

Данная система перерабатывалась неоднократно, следуя за новейшими исследованиями в области ботаники. Тахтаджян стремился установить максимально однородные группы покрытосеменных с учетом их происхождения, с чем связано сравнительно большое количество выделенных им семейств.

Система «группы филогении покрытосеменных» (Angiosperm phylogeny group – APG) впервые была представлена в 1998 г. К. Бремером, М.В. Чейзом, П.Ф. Стивенсом и др., однако в России широкой известности не обрела. Данная система (рисунки) сосредоточена на уровне порядков

и была несколько раз обновлена с опорой на данные последних исследований, затрагивающих вопросы филогении в пределах порядков.

Система APG основана на генетических признаках. Благодаря анализу большого количества таксонов и секвенированию семи особых участков ДНК, среди которых: нуклеарные 18S rDNA, фитохромы PHYA и PHYC, пластидные rbcL, atpB и митохондриальные atp1 и matR, стало возможным подтвердить, опровергнуть существующие представления, касающиеся взаимосвязей таксонов, или выявить новые родственные связи. Для большинства случаев справедливыми оказываются зависимости, выявленные на основании классических признаков, однако внешнее сходство при классификации

по вышеуказанной системе во внимание не принимается. Например, внешне похожие представители семейств Падубовые (*Aquifoliaceae*) и Икациновые (*Icacinaceae*) объединялись в один порядок – Падубоцветные *Aquifoliales* [1]. При этом семейство *Icacinaceae* отождествлялось с семейством Меттениусовые (*Metteniusaceae*). В филогенетической системе APG IV – последняя редакция системы от 2016 г. – выделяют три самостоятельных порядка: *Aquifoliales*, *Icacinales* и *Metteniusales* [2].

Цель данного исследования: провести сравнительный анализ систем Тахтаджяна и APG IV на примере растений Сахалинской области.

### Материалы и методы исследования

Данное исследование проводилось в период с июля 2017 г. по май 2018 г.

В качестве материала для исследования использовались 1389 образцов, представляющих 476 видов покрытосеменных, составляющих 271 род, объединенный в 77 семейств.

Для уточнения систематического положения имеющихся в наличии образцов растений использовали систему покрытосеменных Тахтаджяна [1] и систему APG IV [2].

Растения объединялись в семейства в соответствии с системой классификации Тахтаджяна [1], которая широко используется, так как включает наиболее полный список родов покрытосеменных растений. Применение системы APG на уровне распределения родов по семействам невозможно, поскольку она сосредоточена на установлении связей «семейство – порядок», поэтому сравнение этих двух классификаций проводилось на уровне порядков.

#### Краткая характеристика системы APG IV

Отличительной чертой системы APG стало решение ее авторов отказаться от формальных ботанических названий групп, которые по рангу стоят выше порядка, что связано с недостаточностью сведений о точном составе и родстве на таком глобальном уровне организации, поэтому порядки объединены в группы, названия которых даны на английском языке.

Филогенетическая система подразумевает использование специальных систематических категорий, которые называются грады и клады. Под кладой понимают любую монофилетическую по происхождению группу, то есть группу, включающую всех потомков единственного предка. Таким образом, все представители одной клады связаны родством определенной степени. В зависимости от степени разветвленности родственных связей крупная клада может включать в себя более мелкие.

Статус нахождения в одной граде, напротив, не гарантирует родственных взаимосвязей представителей, а лишь показывает, что эта совокупность находится на одном уровне структурной сложности. Ни клады, ни грады не имеют присвоенных ботанической номенклатурой названий, поэтому для того, чтобы не перепутать официальные и неофициаль-

ные названия тех или иных групп, принято утвержденные Кодексом таксоны записывать с прописной буквы, а грады и клады – со строчной [3].

Две наиболее крупные группы системы APG называются basal angiosperms и core angiosperms (иначе – mesangiosperms). Basal angiosperms – это группа, отделившаяся от ветви первых покрытосеменных раньше подавляющего большинства остальных. Она включает 3 порядка: Амбореллоцветные (*Amborellales*), Кувшиноцветные (*Nymphaeales*) и Австробэйлиецветные (*Austrobaileyales*), согласно первым буквам которых эту группу называют ANA-grade [2]. Основание филогенетического древа и, соответственно, наиболее древние в эволюционном отношении представители современных покрытосеменных – порядок Амбореллоцветные (*Amborellales*), признанный базальной линией. К данному порядку отнесен только один вид, обитающий в Новой Каледонии, поэтому можно сделать предположения о строении предков покрытосеменных по внешнему виду *Amborella*, например мелкие цветки (диаметр менее 5 мм) соответствуют палеботаническим находкам.

Группа core angiosperms включает в себя основную массу семейств и видов покрытосеменных. Внутри нее выделяют следующие клады: magnoliids, monocots, eudicots; также сюда входят независимо развивавшаяся группа Хлорантоцветные (*Chloranthales*), не включенная в последней редакции APG в более широкую кладу, и Роголистникоцветные (*Ceratophyllales*), чье положение пока тоже до конца не выяснено, но, предположительно, данный порядок и eudicots – сестринские группы. Сестринскими называют группы, которые на кладограмме выходят из одного узла, то есть имеют общего предка, который не является таковым для других групп [4].

Magnoliids – следующая клада по хронологии за базальной. Предположительно, когда-то она была богата в видовом отношении и широко распространена, о чем может свидетельствовать фрагментированный ареал: тропики и субтропики континентов.

Monocots – клада, являющаяся аналогом класса Однодольные. Исследования в области молекулярной филогенетики, а также изучение морфологии пыльцевых зерен покрытосеменных привели к необходимости выделения этой клады, за чем последовало изменение названия на неформальное [5]. Было установлено, что для представительной monocots характерны 1-апертурные зерна и их производные. В рамках группы выделяют клады Спаржецветные (*Asparagales*), Лилиецветные (*Liliales*), Диоскореецветные (*Dioscoreales*), Панданоцветные (*Pandanales*), Петросавицветные (*Petrosaviales*), Частухоцветные (*Alismatales*), Аироцветные (*Acorales*) и commelinids.

Клада eudicots, в свою очередь, большей частью соответствует двудольным. Впервые эта клада была распознана в 1989 г. по морфологическим признакам, а максимального признания этой группы позволили достичь исследования, проведенные по трем и более генам. Отличительной особенностью представителей клады являются пыльцевые зерна трехбороздчатого типа [6].

Деление данной группы сложное. Первое разделение происходит на две крупные клады: basal eudicots и core eudicots. Basal eudicots включает

в себя представителей наиболее ранних ветвей, а именно: Лютикоцветные (*Ranunculales*), Протеицветные (*Proteales*), Троходендроцветные (*Trochodendrales*) и Самшитовые (*Buxales*). К core eudicots принадлежит оставшаяся подавляющая часть таксонов. Внутри данной группы выделяют также две клады: Гуннероцветные (*Gunnerales*) и pentapetales. Клада pentapetales достаточно обширна и, по примерным подсчетам, включает около 70 % всех видов покрытосеменных. Филогенетический анализ, проведенный по 83 генам, кодирующим белки и рРНК, показал, что данная многочисленная группа разделилась в процессе развития на три клады: superrosids, superasterids и Диллеиецветные (*Dilleniaceae*) [7]. Клада superrosids, в свою очередь, представлена тремя кладами: rosids, Виноградоцветные (*Vitales*) и Камнеломкоцветные (*Saxifragales*). Группа rosids дополнительно делится на fabids и malvids. Клада superasterids представлена кладами Берберидописоцветные (*Berberidopsidales*), Санталовые (*Santalales*), Гвоздикоцветные (*Caryophyllales*) и asterids, последняя из которых является наиболее крупной и подразделяется на campanulids и lamiiids [2, 7].

### Результаты исследования и их обсуждение

При сравнении систем Тахтаджяна и APG IV (табл. 1 и 2) установлены сходства и различия в распределении семейств, представляющих покрытосеменные растения Сахалинской области, по порядкам.

Количество порядков, в которые входят покрытосеменные Сахалина и Курильских островов по этим системам, различно. По системе Тахтаджяна (табл. 1) растения распределены по 57 порядкам, тогда как по APG (табл. 2) – по 32. Присутствующие в системе Тахтаджяна порядки *Amaryllidales*, *Arales*, *Betulales*, *Campanulales*, *Daphniphyllales*, *Euphorbiales*, *Hypericales*, *Illicales*, *Iridales*, *Juglandales*, *Juncales*, *Hydrangeales*, *Melanthiales*, *Myricales*, *Nepenthales*, *Oleales*, *Orchidales*, *Paeoniales*, *Papaverales*, *Polemoniales*, *Polygonales*, *Potamogetonales*, *Primulales*, *Rutales*, *Typhales*, *Urticales* и *Violales* в системе APG не выделяются, то есть соответствующие им семейства распределены в другие порядки.

Так, в порядок *Asparagales* по системе APG входит больше семейств покрытосеменных Сахалинской области: помимо присутствующих в обеих классификациях *Asparagaceae* и *Convallariaceae*, к этому порядку относятся *Orchidaceae*, *Iridaceae* и *Amaryllidaceae*.

Порядок *Asterales* в APG также представлен большим количеством семейств по сравнению с системой Тахтаджяна: помимо *Asteraceae*, в него включено семейство *Campanulaceae*.

В порядок *Caryophyllales* по системе Тахтаджяна входят семейства *Caryophyllaceae* и *Chenopodiaceae*, а по APG – к ним добавляются *Polygonaceae* и *Droseraceae*.

Порядок *Cornales* по Тахтаджяну включает только 1 семейство исследованных покрытосеменных Сахалинской области – *Cornaceae*. По системе APG сюда также относится семейство *Hydrangeaceae*.

В порядок *Ericales* по системе Тахтаджяна включены *Actinidiaceae* и *Ericaceae*. По APG, кроме указанных семейств, к этому порядку отнесены также *Polemoniaceae* и *Primulaceae*.

К порядку *Fagales* по Тахтаджяну, из представленных семейств, относится только семейство *Fagaceae*. По системе APG в порядок входят также семейства *Betulaceae*, *Myricaceae* и *Juglandaceae*.

К порядку *Liliales* по системе Тахтаджяна принадлежат семейства *Colchicaceae* и *Liliaceae*, по APG – к ним добавляется *Melanthiaceae*.

Порядок *Poales* по системе APG включает на 3 семейства больше, чем по Тахтаджяну: помимо *Poaceae*, к нему отнесены также *Juncaceae*, *Typhaceae*, *Cyperaceae*.

К порядку *Ranunculales* по Тахтаджяну относится такое семейство покрытосеменных – *Ranunculaceae*, по системе APG в порядок включено еще одно – *Papaveraceae*.

Порядок *Rosales* в APG также представлен большим количеством семейств по сравнению с системой Тахтаджяна: помимо *Rosaceae*, в него включены семейства *Ulmaceae*, *Urticaceae* и *Moraceae*.

К порядку *Sapindales* из покрытосеменных Сахалинской области по Тахтаджяну принадлежит семейство *Sapindaceae*. Согласно системе APG, в порядок включены также *Rutaceae* и *Anacardiaceae*.

В порядок *Saxifragales* по системе Тахтаджяна включены семейства *Crassulaceae*, *Grossulariaceae*, *Haloragaceae*, *Saxifragaceae*. По APG – к ним присоединяются *Daphniphyllaceae* и *Paeoniaceae*.

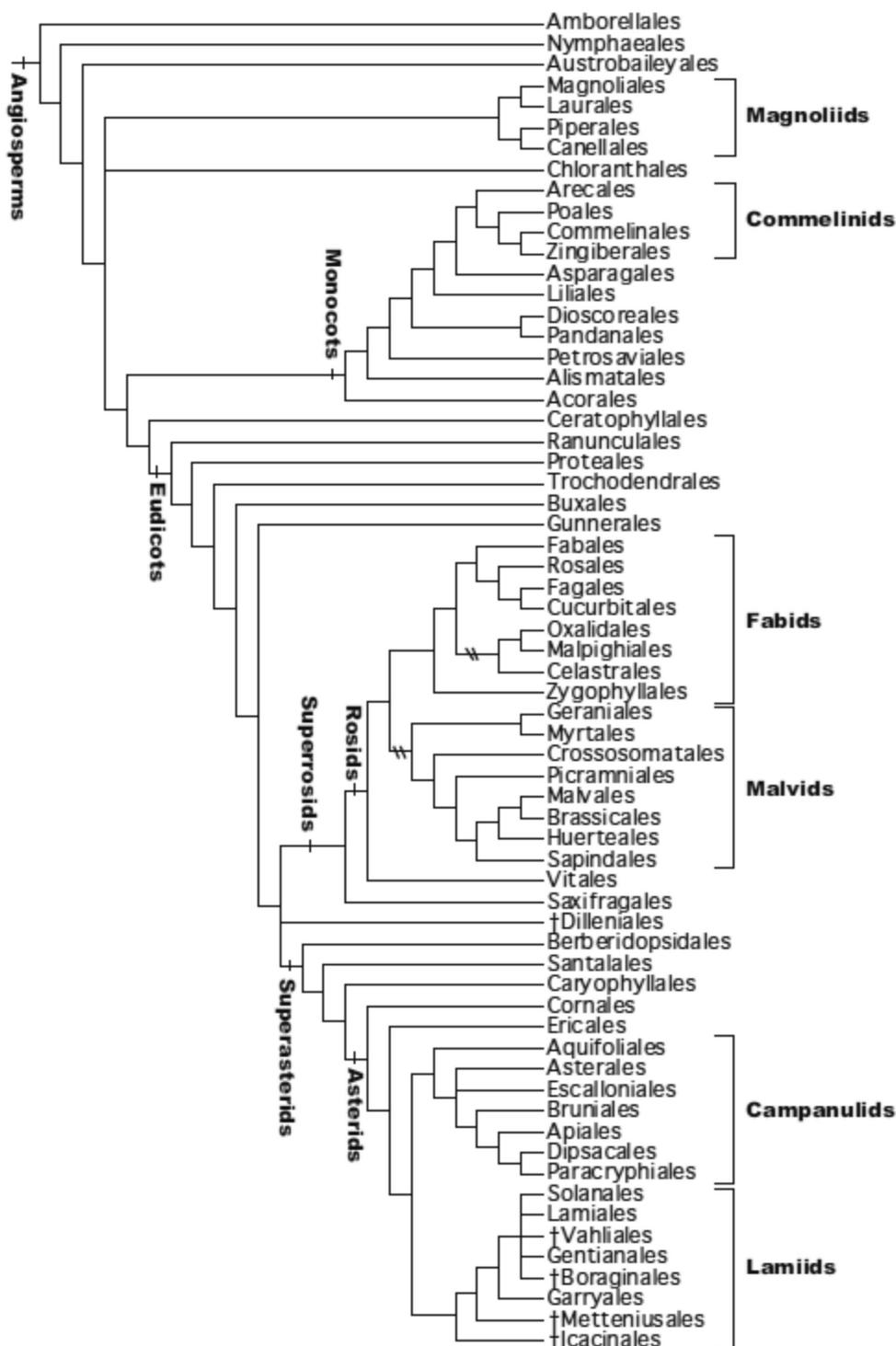
При сравнении систематического положения семейств покрытосеменных Сахалинской области, входящих в состав таких порядков, как *Apiales*, *Aquifoliales*, *Boraginales*, *Brassicales*, *Celastrales*, *Dipsacales*, *Fabales*, *Gentianales*, *Geraniales*, *Lamiales*, *Magnoliales*, *Malvales*, *Myrtales*, *Nymphaeales*, *Piperales*, *Solanales* и *Vitales*, отличий выявлено не было.

Семейство *Tofieldiaceae* по системе Тахтаджяна относится к порядку *Petrosaviales*. В системе APG такой порядок также присутствует, однако данное семей-

ство он в себе не содержит – оно включено в *Alismatales*.

В свою очередь, такие порядки, как *Alismatales*, *Austrobaileyales* и *Malpighiales*, выделяемые среди семейств покры-

тосеменных Сахалинской области в соответствии с системой APG, по Тахтаджяну имеют другой состав. Семейства, включенные в них по APG, у Тахтаджяна распределены в иные порядки.



Кладограмма порядков по системе APG IV [2]

Таблица 1

Представители покрытосеменных Сахалинской области,  
систематизированные по Тахтаджяну [1]

Порядок	Семейство
Амариллисоцветные ( <i>Amaryllidales</i> )	Амариллисовые ( <i>Amaryllidaceae</i> )
Зонтикоцветные ( <i>Apiales</i> )	Зонтичные ( <i>Apiaceae</i> )
	Аралиевые ( <i>Araliaceae</i> )
Падубоцветные ( <i>Aquifoliales</i> )	Падубовые ( <i>Aquifoliaceae</i> )
Ароникоцветные ( <i>Arales</i> )	Аронниковые ( <i>Araceae</i> )
Спаржецветные ( <i>Asparagales</i> )	Спаржевые ( <i>Asparagaceae</i> )
	Ландышевые ( <i>Convallariaceae</i> )
Астроцветные ( <i>Asterales</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )
Березоцветные ( <i>Betulales</i> )	Березовые ( <i>Betulaceae</i> )
Бурачничкоцветные ( <i>Boraginales</i> )	Бурачниковые ( <i>Boraginaceae</i> )
Капустоцветные ( <i>Brassicales</i> )	Капустные ( <i>Brassicaceae</i> )
Колокольничкоцветные ( <i>Campanulales</i> )	Колокольчиковые ( <i>Campanulaceae</i> )
Гвоздикоцветные ( <i>Caryophyllales</i> )	Гвоздиковые ( <i>Caryophyllaceae</i> )
	Маревые ( <i>Chenopodiaceae</i> )
Бересклетоцветные ( <i>Celastrales</i> )	Бересклетовые ( <i>Celastraceae</i> )
	Белозоровые ( <i>Parnassiaceae</i> )
Кизилюцветные ( <i>Cornales</i> )	Кизиловые ( <i>Cornaceae</i> )
Волчелистничкоцветные ( <i>Daphniphyllales</i> )	Волчелистниковые ( <i>Daphniphyllaceae</i> )
Ворсянкоцветные ( <i>Dipsacales</i> )	Адоксовые ( <i>Adoxaceae</i> )
	Жимолостные ( <i>Caprifoliaceae</i> )
	Валериановые ( <i>Valerianaceae</i> )
Верескоцветные ( <i>Ericales</i> )	Актинидиевые ( <i>Actinidiaceae</i> )
	Вересковые ( <i>Ericaceae</i> )
Молочаецветные ( <i>Euphorbiales</i> )	Молочайные ( <i>Euphorbiaceae</i> )
Бобовоцветные ( <i>Fabales</i> )	Бобовые ( <i>Fabaceae</i> )
Букоцветные ( <i>Fagales</i> )	Буковые ( <i>Fagaceae</i> )
Гераниецветные ( <i>Geraniales</i> )	Гераниевые ( <i>Geraniaceae</i> )
Зверобоецветные ( <i>Hypericales</i> )	Зверобойные ( <i>Hypericaceae</i> )
Бадьяноцветные ( <i>Illicales</i> )	Лимонниковые ( <i>Schisandraceae</i> )
Касатикоцветные ( <i>Iridales</i> )	Ирисовые ( <i>Iridaceae</i> )
Орехоцветные ( <i>Juglandales</i> )	Ореховые ( <i>Juglandaceae</i> )
Ситникоцветные ( <i>Juncales</i> )	Осоковые ( <i>Cyperaceae</i> )
	Ситниковые ( <i>Juncaceae</i> )
Ясноткоцветные ( <i>Lamiales</i> )	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )
	Подорожниковые ( <i>Plantaginaceae</i> )
	Норничниковые ( <i>Scrophulariaceae</i> )
Лилиецветные ( <i>Liliales</i> )	Безвременниковые ( <i>Colchicaceae</i> )
	Лилейные ( <i>Liliaceae</i> )
Гортензиецветные ( <i>Hydrangeales</i> )	Гортензиевые ( <i>Hydrangeaceae</i> )
Магнолиецветные ( <i>Magnoliales</i> )	Магнолиевые ( <i>Magnoliaceae</i> )
Мальвоцветные ( <i>Malvales</i> )	Мальвовые ( <i>Malvaceae</i> )
Мелантиецветные ( <i>Melanthiales</i> )	Мелантиевые ( <i>Melanthiaceae</i> )
Восковникоцветные ( <i>Myricales</i> )	Восковниковые ( <i>Myricaceae</i> )
Миртоцветные ( <i>Myrtales</i> )	Кипрейные ( <i>Onagraceae</i> )
Непентоцветные ( <i>Nepenthales</i> )	Росянковые ( <i>Droseraceae</i> )
Кувшинкоцветные ( <i>Nymphaeales</i> )	Кувшинковые ( <i>Nymphaeaceae</i> )
Маслиноцветные ( <i>Oleales</i> )	Маслиновые ( <i>Oleaceae</i> )
Ятрышничкоцветные ( <i>Orchidales</i> )	Ятрышниковые ( <i>Orchidaceae</i> )
Пионоцветные ( <i>Paeoniales</i> )	Пионовые ( <i>Paeoniaceae</i> )

**Окончание табл. 1**

Порядок	Семейство
Макоцветные ( <i>Papaverales</i> )	Маковые ( <i>Papaveraceae</i> )
Петросавиецветные ( <i>Petrosaviales</i> )	Топилдиевые ( <i>Tofieldiaceae</i> )
Перечноцветные ( <i>Piperales</i> )	Кирказоновые ( <i>Aristolochiaceae</i> )
Мятликоцветные ( <i>Poales</i> )	Мятликовые ( <i>Poaceae</i> )
Синюхоцветные ( <i>Polemoniales</i> )	Синюховые ( <i>Polemoniaceae</i> )
Гречихоцветные ( <i>Polygonales</i> )	Гречишные ( <i>Polygonaceae</i> )
Рдестоцветные ( <i>Potamogetonales</i> )	Рдестовые ( <i>Potamogetonaceae</i> )
Примулоцветные ( <i>Primulales</i> )	Первоцветные ( <i>Primulaceae</i> )
Лютикоцветные ( <i>Ranunculales</i> )	Лютиковые ( <i>Ranunculaceae</i> )
Розоцветные ( <i>Rosales</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )
Горечавкоцветные ( <i>Gentianales</i> )	Кутровые ( <i>Apocynaceae</i> )
	Горечавковые ( <i>Gentianaceae</i> )
	Мареновые ( <i>Rubiaceae</i> )
Рутоцветные ( <i>Rutales</i> )	Анакардиевые ( <i>Anacardiaceae</i> )
	Рутовые ( <i>Rutaceae</i> )
Сапindoцветные ( <i>Sapindales</i> )	Сапиндовые ( <i>Sapindaceae</i> )
Камнеломкоцветные ( <i>Saxifragales</i> )	Толстянковые ( <i>Crassulaceae</i> )
	Крыжовниковые ( <i>Grossulariaceae</i> )
	Сланоягодниковые ( <i>Haloragaceae</i> )
	Камнеломковые ( <i>Saxifragaceae</i> )
Пасленоцветные ( <i>Solanales</i> )	Пасленовые ( <i>Solanaceae</i> )
Рогозоцветные ( <i>Typhales</i> )	Рогозовые ( <i>Typhaceae</i> )
Крапивоцветные ( <i>Urticales</i> )	Тутовые ( <i>Moraceae</i> )
	Вязовые ( <i>Ulmaceae</i> )
	Крапивные ( <i>Urticaceae</i> )
Фиалкоцветные ( <i>Violales</i> )	Ивовые ( <i>Salicaceae</i> )
	Фиалковые ( <i>Violaceae</i> )
Виноградоцветные ( <i>Vitales</i> )	Виноградовые ( <i>Vitaceae</i> )

**Таблица 2**

Представители покрытосеменных Сахалинской области, систематизированные по APG [2]

Порядок	Семейство
Частухоцветные ( <i>Alismatales</i> )	Аронниковые ( <i>Araceae</i> )
	Рдестовые ( <i>Potamogetonaceae</i> )
	Топилдиевые ( <i>Tofieldiaceae</i> )
Зонтикоцветные ( <i>Apiales</i> )	Аралиевые ( <i>Araliaceae</i> )
	Зонтичные ( <i>Apiaceae</i> )
Падубоцветные ( <i>Aquifoliales</i> )	Падубовые ( <i>Aquifoliaceae</i> )
Спаржецветные ( <i>Asparagales</i> )	Ятрышниковые ( <i>Orchidaceae</i> )
	Ирисовые ( <i>Iridaceae</i> )
	Амариллисовые ( <i>Amaryllidaceae</i> )
	Ландышевые ( <i>Convallariaceae</i> )
	Спаржевые ( <i>Asparagaceae</i> )
Астроцветные ( <i>Asterales</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )
	Колокольчиковые ( <i>Campanulaceae</i> )
Австробэйлиецветные ( <i>Austrobaileyales</i> )	Лимонниковые ( <i>Schisandraceae</i> )
Бурачничкоцветные ( <i>Boraginales</i> )	Бурачниковые ( <i>Boraginaceae</i> )
Капустоцветные ( <i>Brassicales</i> )	Капустные ( <i>Brassicaceae</i> )
Гвоздикоцветные ( <i>Caryophyllales</i> )	Гвоздиковые ( <i>Caryophyllaceae</i> )
	Гречишные ( <i>Polygonaceae</i> )
	Маревые ( <i>Chenopodiaceae</i> )
	Роснянковые ( <i>Droseraceae</i> )

<b>Окончание табл. 2</b>	
Порядок	Семейство
Бересклетоцветные ( <i>Celastrales</i> )	Белозоровые ( <i>Parnassiaceae</i> )
	Бересклетовые ( <i>Celastraceae</i> )
Кизилоцветные ( <i>Cornales</i> )	Гортензиевые ( <i>Hydrangeaceae</i> )
	Кизиловые ( <i>Cornaceae</i> )
Ворсянкоцветные ( <i>Dipsacales</i> )	Валериановые ( <i>Valerianaceae</i> )
	Жимолостные ( <i>Caprifoliaceae</i> )
	Адоксовые ( <i>Adoxaceae</i> )
Верескочетные ( <i>Ericales</i> )	Актинидиевые ( <i>Actinidiaceae</i> )
	Вересковые ( <i>Ericaceae</i> )
	Синюховые ( <i>Polemoniaceae</i> )
	Первоцветные ( <i>Primulaceae</i> )
Бобовоцветные ( <i>Fabales</i> )	Бобовые ( <i>Fabaceae</i> )
Букоцветные ( <i>Fagales</i> )	Березовые ( <i>Betulaceae</i> )
	Восковниковые ( <i>Myricaceae</i> )
	Буковые ( <i>Fagaceae</i> )
	Ореховые ( <i>Juglandaceae</i> )
Горечавкоцветные ( <i>Gentianales</i> )	Горечавковые ( <i>Gentianaceae</i> )
	Мареновые ( <i>Rubiaceae</i> )
	Кутровые ( <i>Apocynaceae</i> )
Гераниецветные ( <i>Geraniales</i> )	Гераниевые ( <i>Geraniaceae</i> )
Ясноткоцветные ( <i>Lamiales</i> )	Маслиновые ( <i>Oleaceae</i> )
	Норичниковые ( <i>Scrophulariaceae</i> )
	Подорожниковые ( <i>Plantaginaceae</i> )
	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )
Лилиецетные ( <i>Liliales</i> )	Безвременниковые ( <i>Colchicaceae</i> )
	Мелантиевые ( <i>Melanthiaceae</i> )
	Лилейные ( <i>Liliaceae</i> )
Магнолиецветные ( <i>Magnoliales</i> )	Магнолиевые ( <i>Magnoliaceae</i> )
Мальпигиецветные ( <i>Malpighiales</i> )	Зверобойные ( <i>Hypericaceae</i> )
	Фиалковые ( <i>Violaceae</i> )
	Молочайные ( <i>Euphorbiaceae</i> )
	Ивовые ( <i>Salicaceae</i> )
Мальвоцветные ( <i>Malvales</i> )	Мальвовые ( <i>Malvaceae</i> )
Миртоцветные ( <i>Myrtales</i> )	Кипрейные ( <i>Onagraceae</i> )
Кувшинкоцветные ( <i>Nymphaeales</i> )	Кувшинковые ( <i>Nymphaeaceae</i> )
Перечноцветные ( <i>Piperales</i> )	Кирказоновые ( <i>Aristolochiaceae</i> )
Мятликоцветные ( <i>Poales</i> )	Мятликовые ( <i>Poaceae</i> )
	Ситниковые ( <i>Juncaceae</i> )
	Рогозовые ( <i>Typhaceae</i> )
	Осоковые ( <i>Cyperaceae</i> )
Лютикоцветные ( <i>Ranunculales</i> )	Лютиковые ( <i>Ranunculaceae</i> )
	Маковые ( <i>Papaveraceae</i> )
Розоцветные ( <i>Rosales</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )
	Вязовые ( <i>Ulmaceae</i> )
	Крапивные ( <i>Urticaceae</i> )
	Тутовые ( <i>Moraceae</i> )
Сапindoцветные ( <i>Sapindales</i> )	Рутые ( <i>Rutaceae</i> )
	Сапидовые ( <i>Sapindaceae</i> )
	Анакардиевые ( <i>Anacardiaceae</i> )
Камнеломкоцветные ( <i>Saxifragales</i> )	Волчелистниковые ( <i>Daphniphyllaceae</i> )
	Толстянковые ( <i>Crassulaceae</i> )
	Пионовые ( <i>Paeoniaceae</i> )
	Сланоягодниковые ( <i>Haloragaceae</i> )
	Крыжовниковые ( <i>Grossulariaceae</i> )
Камнеломковые ( <i>Saxifragaceae</i> )	
Пасленоцветные ( <i>Solanales</i> )	Пасленовые ( <i>Solanaceae</i> )
Виноградоцветные ( <i>Vitales</i> )	Виноградовые ( <i>Vitaceae</i> )

**Заключение**

Система классификации APG, учитывающая наиболее современные исследования в области генетики, выделяет значительно меньшее число порядков покрытосеменных, то есть устанавливает больше родственных взаимосвязей между семействами, чем система Тахтаджяна. Показанные на примере покрытосеменных Сахалинской области значительные отличия сравниваемых систем могут вызвать трудности и разночтения при изучении работ отечественных и зарубежных систематиков. Таким образом, необходима популяризация системы APG для удобства международного научного сотрудничества в области систематики покрытосеменных.

**Список литературы**

1. Takhtajan A. Flowering plants. Springer Science & Business Media, 2009. 871 p.
2. Byng J.W. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016. № 181(1). P. 1–20.
3. Cavalier-Smith T. Deep phylogeny, ancestral groups and the four ages of life. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010. Vol. 365. № 1537. P. 111–132.
4. Aubert D. A formal analysis of phylogenetic terminology: towards a reconsideration of the current paradigm in systematics. *Phytoneuron*. 2015. № 66. P. 1–54.
5. Chase M.W. Monocot relationships: an overview. *American Journal of Botany*. 2004. Vol. 91. № 10. P. 1645–1655.
6. Donoghue M.J., Doyle J.A. Phylogenetic analysis of angiosperms and the relationships of the Hamamelidae. In: Crane P.R., Blackmore S. (Eds.), *Evolution, Systematics and Phylogeny of the Hamamelidae*. Oxford: Clarendon Press, 1989. Vol. 1. 305 p.
7. Moore M.J. et al. Phylogenetic analysis of 83 plastid genes further resolves the early diversification of eudicots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010. Vol. 107. № 10. P. 4623–4628.

УДК 57.045:574.24:616.12-008.331.1

## ВЛИЯНИЕ ПАТОГЕННОСТИ ПОГОДЫ СУТОК НА ЧАСТОТУ ВЫЗОВОВ СКОРОЙ ПОМОЩИ ПО ПОВОДУ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СУРГУТА)

Соколов С.В.

*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»,  
Сургут, e-mail: ccv121@rambler.ru*

Проведён анализ временных рядов индекса патогенности погоды суток и частоты вызовов скорой помощи по поводу артериальной гипертонии для г. Сургута. В качестве исходных данных использовали базы срочных данных климатических данных ВНИИГМИ МЦД за период 1996–2015 гг. с последующим определением индекса патогенности погоды суток и базу данных станции скорой помощи г. Сургута за этот же период. При анализе степени влияния биоклиматических факторов на количество неотложных состояний больных артериальной гипертонией использовали метод оценки величины биотропности климатических характеристик. В работе изложена стандартная процедура определения индекса патогенности погоды суток и алгоритм определения коэффициента биотропности. Установлена связь индекса патогенности погоды суток с частотой неотложных состояний больных артериальной гипертонией, определён её сезонный характер. Определено, что среднее количество неотложных состояний при артериальной гипертонии в период острого раздражающего действия погоды превысило количество неотложных состояний при оптимальном состоянии погоды в 1,36 раза. Применение коэффициента биотропности расширяет возможности анализа временных рядов многолетних данных обращаемости за скорой помощью. Применённый в исследовании комплексный подход оценки биоклиматических факторов на организм человека позволяет проводить территориальный биоклиматический анализ и выявлять регионы повышенного риска для различных нозологических форм заболеваний.

**Ключевые слова:** индекс патогенности, биотропность, скорая помощь, артериальная гипертония

## INFLUENCE OF PATHOGENICITY OF WEATHER OF DAYS ON FREQUENCY OF CALLS OF FIRST AID CONCERNING HYPERTENSIVE CRISES IN THE CONDITIONS OF THE NORTH (ON AN EXAMPLE OF SURGUT)

Sokolov S.V.

*Surgut State University, Surgut, e-mail: ccv121@rambler.ru*

The analysis of time series of the index of pathogenicity of weather of days and frequency of calls of ambulance concerning arterial hypertension for Surgut is carried out. The databases of urgent data of climatic data of FSBI «RIHMI – WDC» for the period 1996–2015 with the subsequent determination of the index of pathogenicity of weather of days and the database of ambulance station of Surgut for the same period were used as initial data. In the analysis of the degree of influence of bioclimatic factors on the number of urgent conditions of patients with arterial hypertension, the method of assessing the value of biotropy of climatic characteristics was used. The paper presents a standard procedure for determining the index of pathogenicity of the weather of the day and the algorithm for determining the biotropy coefficient. The relation of the index of pathogenicity of weather of days with frequency of urgent conditions of patients with arterial hypertension is established, its seasonal character is defined. It was determined that the average number of emergency conditions in arterial hypertension during acute irritant weather exceeded the number of emergency conditions in optimal weather conditions by 1.36 times. The use of biotropy coefficient expands the possibilities of analysis of time series of long-term data of ambulance service. The complex approach of bioclimatic factors assessment applied in the study allows to carry out territorial bioclimatic analysis and to identify regions of high risk for various nosological forms of diseases.

**Keywords:** pathogenicity, biotroponost, ambulance, arterial hypertension

Сложное взаимоотношение социальных, антропогенных и природных процессов требует проведения комплексной оценки параметров экологической ниши и здоровья населения. Разработка этих проблем имеет принципиальное значение для северных территорий, где опережающее развитие производительных сил сопровождается высокой мобильностью населения, что делает особенно актуальным решение вопроса управления качеством окружающей среды и уровнем здоровья населения.

Климатические условия Западной Сибири, приравненные к регионам Крайнего

Севера (г. Сургут), характеризуются значительными межсуточными и межсезонными колебаниями температуры воздуха, атмосферного давления и высокой влажностью, что позволяет отнести их к экстремальным условиям для проживания и трудовой деятельности человека.

Погодно-климатические условия – важнейший фактор окружающей среды, определяющий условия комфортного проживания, образ жизни и деятельности человека на протяжении всей его жизни. Неблагоприятное воздействие на организм человека оказывают не только отдельные метеороло-

гические характеристики, но и их сочетания. Определяя влияние изменений метеорологических условий на адаптационные механизмы, можно решить проблему сохранения здоровья человека в суровых северных условиях.

Проведение биоклиматической оценки территории предопределяет установление положительных и отрицательных воздействий различных климатических факторов и их комплексов на организм.

Одна из причин развития обострения гипертонической болезни – изменчивость метеорологических характеристик [1–3]. Величина реакции организма человека и его состояние определяется биотропностью климатических характеристик. Биотропность влияет на человека как добавочный стресс и является переменной возмущения, на которую организм человека должен реагировать так, чтобы поддерживать его гомеостаз на должном уровне. Комплексное влияние климатических факторов не причина, а только толчок для острых метеотропных реакций, так как метеотропность – одно из свойств организма.

Цель данной работы: отработка метода оценки величины биотропности климатических характеристик северных территорий на частоту внезапных ухудшений состояния больных артериальной гипертонией в зависимости от уровня патогенности погоды суток (по данным обрабатываемости за неотложной помощью).

### Материалы и методы исследования

В качестве исходных использованы срочные метеорологические данные (с 1996 по 2015 г.) базы данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации Мирового центра данных г. Обнинска (ВНИИГМИ МЦД) для г. Сургута, почасовые данные подстанции скорой помощи г. Сургута по поводу гипертонических кризов за этот же период.

В настоящем исследовании впервые был проведён анализ обращений за скорой помощью при внезапном ухудшении состояния больных артериальной гипертонией. Были отобраны только случаи с точно установленной датой заболевания, а не датой госпитализации. Отметим, что диагноз, устанавливаемый специалистами скорой помощи на догоспитальном этапе, в условиях стационара при госпитализации может быть изменён. Поэтому целесообразно проведение статистических исследований массива данных скорой помощи, где сведения о диагнозе и дате начала заболевания или его обострения представлены достаточно точно. Была проанализирована суточная частота ухудшения состояний больных гипертонической болезнью, зарегистрированных в период 1996–2015 гг. станцией скорой помощи г. Сургута.

Индекс патогенности погоды суток (I) представлен сведениями о продолжительности и комфортности погоды суток для г. Сургута. Определение этого показателя проводилось по рекомендациям Руковод-

ства по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами [4]:

$$I = I_t + I_f + I_v + I_n + I_{Dp} + I_{Dt},$$

где  $I_t$ ,  $I_f$ ,  $I_v$ ,  $I_n$  – характеризуют соответственно среднесуточную изменчивость температуры атмосферного воздуха, относительную влажности, скорость ветра, облачность,  $I_{Dp}$ ,  $I_{Dt}$  – характеризуют соответственно междуточную изменчивость атмосферного давления и температуры атмосферного воздуха.

Интегральный индекс патогенности погоды суток I указывает на характер раздражающего воздействия погоды на организм и имеет следующий диапазон оценок:

- I = 0 – 9 – оптимальные
- I = 10 – 24 – раздражающие
- I > 24 – острые

Оценивали связь временных рядов вызовов скорой помощи по поводу неотложных состояний больных артериальной гипертонией с индексом патогенности и изменчивости погоды и климата.

Используя метод наложения эпох [5], определен коэффициент биотропности ( $K_{от}$ ), отражающий отношение количества случаев неотложных состояний при артериальной гипертонии в острый период к количеству этих случаев в комфортный период.

Статистическая обработка данных проведена методами описательной статистики, корреляционного анализа по Спирмену с использованием пакета программ Statistica 6.0. Статистически значимыми считали результаты при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

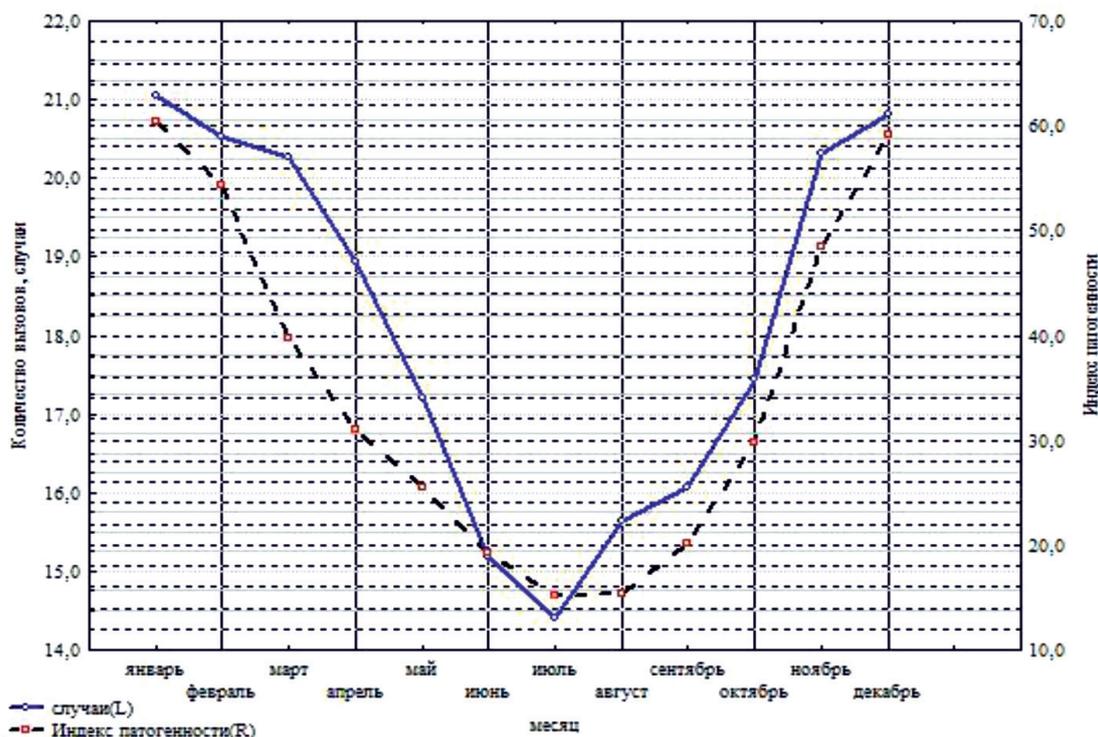
Проведён анализ временных рядов среднесуточных показателей случаев неотложных состояний больных артериальной гипертонией и индекса патогенности погоды суток. Для расчётов коэффициента биотропности определялось среднесуточное количество неотложных состояний больных артериальной гипертонией в период острого раздражающего действия погоды. С этими данными сравнивался временной период с оптимальным состоянием погоды. Данная процедура проводилась для каждого года выборки. Алгоритм и результаты определения коэффициента биотропности по годам и среднемогилетнее его значение приведены в таблице.

В среднем количество неотложных состояний при артериальной гипертонии в период острого раздражающего действия погоды превысило количество неотложных состояний при оптимальном состоянии погоды в 1,36 раза.

Распределение коэффициента биотропности по годам (таблица) свидетельствует о вариабельности этого показателя, самое низкое значение которого отмечалось в 1999 г., а самое высокое 2,28 пришлось на 2007 г. При этом среднее значение коэффициента биотропности за указанный интервал составило 1,38 при стандартном отклонении 0,24.

Расчёт среднесуточных значений вызовов скорой помощи по поводу неолжженных состояний больных артериальной гипертонией и оценка биотропного эффекта за период 1996 по 2015 гг. по данным скорой помощи г. Сургута

Год	Суммарное количество случаев	Количество случаев в дни острого раздражающего действия климата, Нор, сл	Продолжительность периода острого раздражающего действия климата, Тор, сут	Продолжительность оптимального периода, То, сут	Среднесуточное количество вызовов в дни острого раздражающего действия климата, Pop = Nor/Tor, сл/сут	Среднесуточное количество вызовов в оптимальные дни, Po = No/To, сл/сут	Коэффициент био-проности Kбг = Pop/Po
1996	2317	1518	191	15	7,95	6,27	1,27
1997	2108	1212	167	38	7,26	6,5	1,12
1998	2545	1851	201	16	9,21	6,56	1,4
1999	3526	2360	208	11	11,35	9,45	1,2
2000	4525	2818	213	18	13,23	9,89	1,34
2001	4990	3127	206	20	15,18	12,05	1,26
2002	5774	3599	212	11	16,98	12,55	1,35
2003	6543	3952	206	23	19,18	15,09	1,27
2004	7740	5134	231	19	22,23	19,11	1,16
2005	7891	4600	193	19	23,83	16,53	1,44
2007	4664	3297	216	22	15,26	6,68	2,28
2008	7188	4687	217	24	21,6	15,42	1,4
2009	7670	4935	217	28	22,74	16,21	1,4
2010	8185	5113	216	16	23,67	17,31	1,37
2011	8922	5171	193	17	26,79	19,82	1,35
2012	9744	6042	210	20	28,77	21	1,37
2013	9453	6108	221	18	27,64	20,5	1,35
2014	9761	6683	236	10	28,32	24,8	1,14
2015	10424	6300	204	24	30,88	22,75	1,36
Сумма	123970	78507	3958	369	19,84	14,36	1,38



Среднемноголетняя динамика вызовов скорой помощи по поводу артериальной гипертонии и индекса патогенности погоды, г. Сургут

В наибольшей степени влияние изменчивости погоды суток на пациентов, страдающих артериальной гипертонией, обусловлено активной атмосферной циркуляцией, характерной для северных территорий. Значение индекса патогенности погоды суток (среднемноголетние данные) имеет значение в диапазоне 50–60 (рисунок). В этот же период отмечается увеличение количества неотложных состояний больных артериальной гипертонией (19–21 случаев вызовов скорой помощи за сутки).

В летний период значение индекса патогенности погоды суток составляет от 12 до 23 (рисунок). В этот же период количество неотложных состояний больных артериальной гипертонией минимально и составляет 14–16 вызовов скорой помощи за сутки.

Регрессионный анализ временных рядов количества вызовов скорой помощи и индекса патогенности погоды суток позволил установить связи между этими рядами, выражающейся в формуле

$$y = 9,8287 + 0,3722 * x - 0,0031 * x^2,$$

где  $y$  – количество вызовов скорой помощи при неотложных состояниях больных артериальной гипертонией,  
 $x$  – значение индекса патогенности погоды суток.

Коэффициент корреляции между среднемесячными значениями количества неотложных состояний при артериальной гипертонии и индексом патогенности погоды (среднемноголетние данные) составляет 0,947 при  $p < 0,05$ .

На основании проведённых исследований установлено, что наиболее объективная оценка влияния особенностей биометеорологических условий региона на частоту неотложных состояний при гипертонической болезни получается на основе комплексного учёта упомянутых метеорологических элементов как биоклиматических индексов.

Результаты данных исследований дополняют и расширяют принципы комплексной оценки степени раздражающего действия погодных факторов на организм человека [6, 7], расширяют возможности биоклиматической оценки применением коэффициента биотропности для анализа неотложных состояний больных артериальной гипертонией.

### Выводы

Таким образом, установлена связь индекса патогенности погоды суток с частотой неотложных состояний больных гипертонической болезнью, определён её сезонный характер. Применение коэффициента

ента биотропности расширяет возможности анализа временных рядов многолетних данных обращаемости за скорой помощью. Использованный в исследовании комплексный подход оценки биоклиматических факторов на организм человека позволяет проводить территориальный биоклиматический анализ и выявлять регионы повышенного риска для различных нозологических форм заболеваний.

#### Список литературы

1. Ефимова Л.П., Соколов С.В., Литвишкова А.Ю. Взаимосвязь климатических факторов и обращаемости за неотложной помощью больных артериальной гипертензией в условиях северного региона // Артериальная гипертензия: от теории к практике: тезисы XI Всероссийского конгресса (г. Кемерово, 18–20 марта 2015 г.). Кемерово, 2015. 11 с.
2. Efimova L.P., Sokolov S.V., Litvishkova A.Yu. Effects of weather conditions on emergency ambulance calls for hypertension in Surgut: сборник тезисов 14-го Европейского конгресса терапевтов (г. Москва, 14–16 октября 2015 г.). М., 2015. 78 с.
3. Ревич Б.А. Климатические изменения как новый фактор риска для здоровья населения Российского Севера // Экология человека. М., 2009. С. 11–15.
4. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н.В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.
5. Мустель Э.Р. Метод наложения эпох // Бюл. научн. информации Астрономического совета АН СССР, 1968, № 10.
6. Медицинская реабилитация / Под ред. В.М. Боголюбова. Кн. 1. Изд. 3-е, испр. и доп. Бином, 2010. С. 52–55.
7. Ревич Б.А., Малеев В.В. Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуаций и прогнозные оценки. М.: ЛЕНАНД, 2011. 208 с.

УДК 579.66

## РАЗРАБОТКА БИОПРЕПАРАТА «KAZBIOREM» ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

**Хасенова Э.Ж., Аюпова А.Ж., Бердимуратова К.Т., Сарсенова А.С.,  
Баякенов Д.А., Нагызбеккызы Э., Молдагулова Н.Б.**  
*ТОО «Экостандарт.kz», Астана, e-mail: elmira\_alta@mail.ru*

В данной статье приводятся результаты научных исследований по разработке технологии получения биологического препарата «KazBioRem» на основе органического носителя, предназначенного для очистки почвы от нефти и нефтепродуктов. Приведены данные по приготовлению препарата методом твердофазной ферментации. В качестве нефтеокисляющих бактерий в составе биопрепарата содержится ассоциация углеводородокисляющих микроорганизмов *Rhodococcus erythreus* AT7 и *Dietzia maris* 22K. Получен высокоэффективный биопрепарат – нефтеструктор, для производства которого нет необходимости использовать промышленные ферментеры. Титр полученного биопрепарата в конечном продукте составляет до 12,00 lg КОЕ/г. Изучена нефтеокисляющая активность биопрепарата на нефтезагрязненной почве месторождений Западного Казахстана. В результате проведенных модельных экспериментов по оценке нефтеокисляющей активности препарата выявлено, что степень деструкции биопрепаратом в нефтезагрязненной почве месторождения Жанаталап достигает до 88,23% и месторождения Каламкас до 97,36%. Биопрепарат производится по «ноу-хау» технологии, преимуществом которой является исключение необходимости процесса наращивания микроорганизмов в промышленных ферментерах. Предлагаемый препарат можно перевозить на дальние расстояния любым видом транспорта. Разработанный биологический препарат «KazBioRem» предназначен для биоремедиации нефтезагрязненной почвы.

**Ключевые слова:** нефтезагрязненная почва, биопрепарат, углеводородокисляющие микроорганизмы, биоремедиация

## DEVELOPMENT OF «KAZBIOREM» BIOLOGICAL PREPARATION FOR SOIL CLEANING FROM OIL AND OIL PRODUCTS

**Khasenova E.Zh., Ayupova A.Zh., Berdymuratova K.T., Sarsenova A.S.,  
Bayakenov D.A., Nagyzbekkyzy E., Moldagulova N.B.**  
*LLC «Ecostandart.kz», Astana, e-mail: elmira\_alta@mail.ru*

This article presents the results of scientific research on the development of technology for obtaining the biological preparation «KazBioRem» on the basis of an organic carrier intended for soil purification from oil and petroleum products. Data on the preparation of the preparation by the solid-phase fermentation method are given. As an oil-oxidizing bacteria, the biopreparation contains an association of hydrocarbon oxidizing microorganisms *Rhodococcus erythreus* AT7 and *Dietzia maris* 22K. A highly effective biopreparation has been obtained – an oil destructor for the production of which there is no need to use industrial fermenters. The titer of the obtained biopreparation in the final product is up to 12.00 lg CFU / g. The oil-oxidizing activity of the biopreparation on oil-contaminated soil of the deposits of Western Kazakhstan was studied. As a result of the model experiments conducted to assess the oil-oxidizing activity of the drug, it was revealed that the degree of destruction by the biological preparation in the oil-contaminated soil of the Zhanatalap deposit reaches up to 88.23% and the Kalamkas field up to 97.36%. The biopreparation is made according to the know-how of the technology, the advantage of which is the elimination of the necessity of the process of building up microorganisms in industrial fermenters. The proposed drug can be transported over long distances by any mode of transport. The developed biological preparation «KazBioRem» is intended for bioremediation of oil contaminated soil.

**Keywords:** oil soil, biopreparation, hydrocarbon oxidizing microorganisms, bioremediation

На сегодняшний день нефтяное загрязнение является экологической проблемой мирового масштаба. В Казахстане в настоящее время, насчитывается более 200 тыс. га нефтезагрязненных почв. В природе саморазложение нефти занимает очень длительное время, при ее разливе поверхность воды и почвы быстро покрывается плотным слоем нефтяной пленки, которая препятствует доступу воздуха и света.

Нефтяное загрязнение приводит к нарушению почвенного покрова и растительности. Территории, загрязненные нефтью, выводятся из природного фонда как непригодные и токсичные и являются потен-

циально опасными для жизнедеятельности человека из-за риска попадания вредных веществ в подземные и поверхностные воды с атмосферными осадками, а также в организм человека через воздух [1–3].

В настоящее время наиболее перспективным методом для очистки нефтезагрязненных почв как в экономическом так и в экологическом плане является биотехнологический подход, основанный на использовании различных групп микроорганизмов, обладающих повышенной способностью к биодegradации нефти и продуктов её переработки. Среди всего спектра методов устранения последствий углеводо-

родных загрязнений биологические методы справедливо признаны в мире наиболее безопасными для окружающей среды и экономически целесообразными.

Наиболее привлекательным и перспективным способом восстановления нефтезагрязненных территорий является микробиологический, основанный на использовании углеводородокисляющих микроорганизмов, способных утилизировать углеводороды в процессе своей жизнедеятельности. Метод достаточно эффективен и не требует больших финансовых расходов.

Для создания эффективного биопрепарата необходимо подобрать активные штаммы микроорганизмов с высокой нефтеокисляющей активностью. Готовая форма биопрепарата имеет важное значение для сохранения эффективности биопрепарата в течение длительного времени, а также для удобства их транспортировки [4–6].

Эффективность биоремедиации нефтезагрязненных почв напрямую зависит от наличия в среде активных штаммов-деструкторов нефти и способа проведения биоремедиационных работ. Правильный выбор биопрепаратов-деструкторов нефти и правильное проведение очистных работ являются залогом успешного проведения биоремедиационных работ.

Целью исследования являлась разработка биологического препарата с высоким титром жизнеспособных клеток и длительным сроком хранения, обеспечивающего эффективную очистку почвы и воды от нефти и нефтепродуктов.

### Материалы и методы исследования

Подготовка проб почвы к гравиметрическому анализу. Образцы отобранных почв высушивали до воздушно-сухого состояния. После высушивания пробу пересевали через сито с размером отверстий 1 мм. Просеянную пробу почвы помещали на лист чистой бумаги, перемешивали и распределяли ровным слоем, толщиной около 0,5 см, делили на квадраты площадью 3×3 см и из каждого квадрата брали шпателем небольшое количество почвы, захватывая ее на всю глубину слоя, примерно около 5 г. Высушенные воздушно-сухие образцы почвы размельчали в агатовой ступке до пудрообразного состояния и хранили в пакетах из вошеной бумаги.

Определение содержания нефти в почве проводили гравиметрическим методом. Сущность весового метода заключается в экстракции эмульгированных и растворенных нефтепродуктов из почвы хлороформом. Навеску помещали в колбу емкостью 150–250 мл, заливали хлороформом до влажного состояния. Затем несколько раз проводили экстракцию хлороформом до получения в последних порциях бесцветного экстракта. Полученную хлороформенную вытяжку выпаривали на водяной бане или в вытяжном шкафу. После испарения осадок хлороформа переносили в колонку, заполненную послойно сте-

кловатой (1 см). В колонку добавляли 3–5 см<sup>3</sup> гексана. Под носик колонки помещали заранее взвешенный стакан вместимостью 50 см<sup>3</sup>.

Оставшийся в стакане после испарения хлороформа осадок растворяли в 5–10 см<sup>3</sup> гексана и проводили фильтрацию. Гексан испаряли при комнатной температуре. Стакан с оставшейся взвесью взвешивали до получения постоянной массы. Содержание нефтепродуктов (мг/кг) вычисляли по формуле

$$X = A/B \times 1000, \quad (1)$$

где А – количество нефтепродуктов, мг;

В – навеска почвы, г;

1000 – коэффициент перерасчета на кг почвы [7].

### Результаты исследования и их обсуждение

Для получения препарата культуры нефтеокисляющих бактерий выращивали на органическом носителе методом твердофазной ферментации. В качестве органического носителя были выбраны отруби, так как это богатый источник питания для бактериальных клеток, а также недорогое и доступное сырье.

Необходимо отметить, что твердофазное культивирование микроорганизмов предотвращает взаимное ингибирование клеток продуктами их метаболизма. Благодаря указанному новым свойством объекта происходит значительное увеличение биологической активности препарата в отношении углеводов [3].

Биологический препарат состоит из сообщества микроорганизмов-нефтеструкторов *Rhodococcus erythreus* AT7 и *Dietzia maris* 22K, выделенных из природных источников. Штаммы обладают высокой окислительной активностью по отношению к нефти и нефтепродуктам.

Штамм *Rhodococcus erythreus* AT7 выделен из нефтезагрязненной почвы месторождения Алибекмола Актюбинской области. Аэроб. При микроскопическом исследовании выявлены подвижные грамположительные палочки, с размером 2–3 мкм с округленными концами, которые расположены одиночно и в скоплениях, отмечается рост на жидких и агаризованных средах. Оптимальная температура роста – 28°C, длительность культивирования – 24–48 ч. Способен к росту на средах, содержащих источники углерода. Хорошо расщепляет фруктозу, сорбит, манит, инозит, слабее глюкозу, сахарозу, мальтозу, сукцинат, цитрат и бензоат, активно разлагает тирозин. Макроскопически колонии микроорганизма круглые, непрозрачные, слизистые, плоские, края ровные, окраска кремовато-розовая.

Микроморфология штамма представлена палочковидными, грамположительными клетками, споры отсутствуют. Штамм не

токсичен и не патогенен. Штамм бактерий *Rhodococcus erythreus* AT7 депонирован в Республиканской коллекции микроорганизмов МОН РК под номером В-РКМ-0769.

Штамм *Dietzia maris* 22К выделен из нефтезагрязненной почвы месторождения Кумколь Кызылординской области. Штамм представляет собой неподвижные кокки, грамположительные, спор не образуют. На питательном агаре культура образует круглые, выпуклые, оранжевого цвета колонии диаметром 2–3 мм. Край колоний ровный, пигмент в среду не выделяет. Факультативный аэроб. Штамм не токсичен и не патогенен.

Физиолого-биохимические признаки. В качестве источника углерода использует глюкозу, сахарозу, арабинозу, ксилозу. Крахмал не гидролизует, желатину не разжижает. Сероводород и индол не образует. Нитраты восстанавливает до нитритов. Каталаза положительна, оксидаза отрицательна.

Штамм характеризуется высокой способностью к утилизации нефти и нефтепродуктов. Штамм бактерий *Dietzia maris* 22К депонирован в Республиканской коллекции микроорганизмов МОН РК под номером В-РКМ-0768.

*Приготовление биологического препарата.* Для приготовления препарата стартерную культуру готовили методом глубинного культивирования в течение 24 ч при температуре 28 °С. Готовые питательные среды после стерилизации инокулировали культурами микроорганизмов *Rhodococcus erythreus* AT7 и *Dietzia maris* 22К в концентрации 10<sup>9</sup> кл/см<sup>3</sup> на 1,0 дм<sup>3</sup> питательной среды. Глубинное культивирование штаммов проводили отдельно, инкубировали в течение 24–48 ч при температуре 28 °С в термостате. После культивирования наработанные культуральные жидкости объединяли. Титр клеток в полученной культуральной жидкости составлял 8,0–9,0 lgKOE/см<sup>3</sup>.

Культуральную жидкость смешивали с питательной смеси, изготовленную на пшеничных отрубях с добавлением питательных элементов (глюкоза, пивная дробина, питательный бульон, минеральные соли). Перемешивали до получения однородной влажной кашеобразной массы, фор-

мировали биопрепарат таблетированной формы, осуществляли поверхностное твердофазное культивирование в течение 2–3 суток при температуре 28–30 °С. В данном случае в технологии производства препарата исключен процесс наработки микробной биомассы в промышленных ферментерах, что в свою очередь облегчает работу.

Жизнеспособность клеток микроорганизмов определяли методом предельных разведений по Коху. Титр полученного биопрепарата в конечном продукте составляет до 12,00 lg KOE/г. Хранение препаратов можно осуществлять при комнатной температуре (в течение 7 дней), что намного облегчает процесс перевозки препаратов и удешевляет стоимость его хранения.

*Изучение нефтеокисляющей активности препарата в нефтезагрязненной почве месторождения Жанаталап Западной Казахстана.* Препарат по постановке эксперимента восстанавливали на течение 2 суток. Расчет внесения биопрепарата представлен в табл. 1.

На 200 мл восстановленного препарата вносили 150 г нефтезагрязненной почвы месторождений Жанаталап со степенью загрязнения 5,3%. Аналогично проводили очистку нефтезагрязненной почвы месторождения Каламкас.

Степень загрязнения нефтью составляет 2,44%. Почву тщательно перемешивали. Пробы почв, обработанных биопрепаратом, отбирали через 3 и 7 суток.

Остаточное содержание нефти определяли методом гравиметрии. Результаты деструкции нефти в нефтезагрязненных почвах приведены в табл. 2 и на рисунке.

На рисунке визуально наблюдается снижение содержания нефтепродуктов в нефтезагрязненной почве месторождения Жанаталап после обработки биологическим препаратом в сравнении с контрольным вариантом на 7 сутки.

В результате проведенных модельных экспериментов по очистке нефтезагрязненной почвы выявлено, что степень деструкции биопрепаратом в почве Жанаталап достигает до 88,23% на 7 сутки, в почве Каламкас до 97,36%.

Таблица 1

Расчет внесения биопрепарата при реактивации

Приготовление маточного раствора	Количество маточного раствора, мл	Объем питательной среды, мл	Титр клеток после внесения препарата, lgKOE/см <sup>3</sup>	Титр клеток после реактивации, lgKOE/см <sup>3</sup>
1 г препарата на 1000 мл питательной среды	100	1000	8,02 ± 0,11	9,34 ± 0,17
	10	1000	7,14 ± 0,14	9,37 ± 0,18
	1	1000	6,98 ± 0,13	9,46 ± 0,19



1 – контроль

2 – почва после обработки биопрепаратом

Деструкция нефтезагрязненной почвы месторождения Жанаталап биопрепаратом «KazBioRem»

**Таблица 2**  
Деструкция нефти биопрепаратом  
в нефтезагрязненных почвах

Наименование	Деструкция нефти, %			
	Почва Жанаталап		Почва Каламкас	
	3 сут.	7 сут.	3 сут.	7 сут.
Биопрепарат «KazBioRem»	81,9	88,23	96,69	97,36
Контроль	8,83	9,31	4,49	6,42

Таким образом, получен высокоэффективный биопрепарат – нефтеструктор, для производства которого нет необходимости использовать промышленные ферментеры.

Достоинством предлагаемой технологии является то, что исключается необходимость использования промышленных ферментеров для наработки препарата, также не требуется дополнительной расфасовки готового препарата, что удешевляет технологию получения препарата в целом.

### Заклучение

Таким образом, получен высокоэффективный биологический препарат на основе штаммов-нефтеструкторов *Rhodococcus erythreus* AT7 и *Dietsia maris* 22K с высоким титром клеток без культивирования на промышленных ферментерах.

Биопрепарат производится по «ноухау» технологии, преимуществом которой является исключение необходимости процесса наращивания микроорганизмов

в промышленных ферментерах. Предлагаемый препарат можно перевозить на дальние расстояния любым видом транспорта. Также преимуществом данного способа является возможность проведения биоремедиационных работ непосредственно на местах разливов.

Разработанный биологический препарат «KazBioRem» предназначен для биоремедиации нефтезагрязненной почвы.

### Список литературы

1. Артемьева Т.И. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. 254 с.
2. Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Павловский Н.Д., Ломоносов В.А. Оценка эффективности рекультивации почв, загрязненных нефтепродуктами, препаратом «Destroil» // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной Академии. 2016. № 2. С. 48–50.
3. Саксон В.М., Кузнецов С.А., Кретов А.В., Хромых Д.П., Бойкова И.В., Новикова И.И., Конев Ю.Е. Способ получения биопрепарата для очистки объектов окружающей среды от нефти и нефтепродуктов. Патент РФ В09С1/10, С02F3/34, № 2116145. 27.07.1998.
4. Назарько М.Д., Шурай К.Н., Лобанов В.Г., Щербак В.Г., Александрова А.В. Бидеградация нефтезагрязненных черноземов Краснодарского края микробными препаратами // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. № 5–6. С. 105–108.
5. Ногина Т.М., Думанская Т.У., Хоменко Л.А., Подгорский В.С. Эффективность препарата «Эколан-М» для очистки нефтяных загрязнений почвы // Микробиол. журнал. 2012. Т. 74, № 6. С. 29–35.
6. Казиева А.А., Мелякина Э.И. Сравнительная оценка различных доз биопрепарата для очистки нефтезагрязненных почв // Вестник АГТУ. 2014. № 2 (58). С. 54–58.
7. ПНД Ф 16.1.41-04 Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом. М., 2004. 6 с.

УДК 599.735.53

## РАЗВИТИЕ MORFOFУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ ПРЕЖЕЛУДКОВ САЙГАКОВ В ОНТОГЕНЕЗЕ К УСЛОВИЯМ ОБИТАНИЯ

Хацаева Р.М.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, e-mail: r.khatsaeva@mail.ru*

С помощью комплекса гистологических, гистохимических и биохимических методов выявлена специфика развития морфофункциональных механизмов адаптации преджелудков сайгаков [*Saiga tatarica* L., 1766] в онтогенезе. Выявлены особенности гистогенеза и развития ферментативных и обменных процессов в преджелудках сайгаков в течение онтогенеза. Показано, что гистогенез эпителиального пласта преджелудков сайгаков обеспечивает формирование уже в раннеплодный период способности к двустороннему транспорту веществ, пристеночному и внутрипластовому метаболизму, что обеспечивает выраженность преджелудочной ферментации, свойственной диким жвачным. Эта способность усиливается с позднего периода к рождению, достигая завершенности к взрослому состоянию сайгаков. Результаты исследований свидетельствуют о детерминированности морфофункциональных особенностей преджелудков сайгаков внутриутробными и кормовыми условиями среды их обитания, направленных на сохранение энергетического баланса животными. Выявленные механизмы морфологических и функциональных адаптаций преджелудков в процессе индивидуального развития сайгаков свидетельствуют о яркой выраженности у них типа пищеварения жвачных, сформировавшегося в течение длительной эволюции. Все эти факты говорят о необходимости сохранения условий обитания сайгаков и других диких жвачных, находящихся вследствие негативного антропогенного влияния на грани исчезновения.

**Ключевые слова:** адаптации, преджелудки, сайгаки, жвачные, онтогенез, тип пищеварения, условия обитания

## DEVELOPMENT OF MORPHOFUNCTIONAL MECHANISMS OF THE ADAPTATIONS OF SAIGA PREGASTRICS IN ONTOGENESIS TO HABITAT CONDITIONS

Khatsaeva R.M.

*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: r.khatsaeva@mail.ru*

With the help of a complex of histological, histochemical and biochemical methods, the specificity of the development of morphofunctional mechanisms of saiga antelope adaptation was revealed [*Saiga tatarica* L., 1766] in ontogenesis. Specific features of histogenesis and development of enzymatic and metabolic processes in pregastrics of saigas during ontogenesis are revealed. It has been shown that the histogenesis of the epithelial layer of the pregastrics of saigas ensures the formation, already in the early fruit period, of the ability for bilateral transport of substances, near-wall and intra-stratum metabolism, which ensures the expression of the pre-gastric fermentation characteristic of wild ruminants. This ability is enhanced from the late fetal period to birth, reaching completion to the adult status of saigas. The results of the studies testify to the determinacy of the morphofunctional features of the saiga pregastrics in the intrauterine and fodder conditions of their habitat, aimed at maintaining the energy balance of animals. The revealed mechanisms of morphological and functional adaptations of pregastrics in the process of individual development of saigas testify to the pronounced manifestation of the type of digestion of ruminants, formed during a long evolution. All these facts indicate the need to preserve the habitat of saigas and other wild ruminants, which are due to negative anthropogenic impact on the brink of extinction.

**Keywords:** adaptation, pregastrics, saiga, ruminant, ontogeny, type of digestion, habitat

Приспособительные механизмы жвачных животных к условиям обитания были и остаются среди приоритетных направлений эволюционно-морфологических исследований. Наиболее существенной формой связи животного организма с окружающей средой, обеспечивающей поддержание энергетического баланса, является связь через пищу. Очевидна роль органов пищеварительной системы животных, обеспечивающих и реализующих эту связь. У дикой фауны в процессе индивидуального и исторического развития приспособительные механизмы оттачивались естественным отбором. Наиболее ценные приспособления

среди растительноядных животных приобрели жвачные с обретением сложного многокамерного желудка с главенствующей ролью преджелудочной ферментации [1–3]. Доказано, что желудочно-кишечный тип пищеварения более выражен у диких жвачных, по сравнению с домашними, у которых благодаря вмешательству человека происходит его смягчение и направление в сторону кишечного типа [3, 4]. Исследованию сложного желудка жвачных, процессам пищеварения в них, а также гистофизиологии камер, посвящено множество работ, однако в силу востребованности и доступности материала они касаются домашних жвачных [5–7]. По

этой же причине онтогенетические исследования эмбриогенеза камер желудка жвачных, особенно диких видов, единичны [8–10]. К диким видам жвачных копытных, сохранившихся с древнейших времен, благодаря высокой степени адаптивности, относится европейский сайгак – *Saiga tatarica* Linnaeus. В выживании сайгаков и поддержании энергетического баланса в неблагоприятных аридных условиях, с резкими колебаниями кормовой базы, основная роль принадлежит системе органов пищеварения, в которой главенствуют преджелудки.

Исходя из этого, изучение развития адаптивных механизмов камер желудка сайгаков в течение индивидуального развития, обеспечивающих им выживаемость, является актуальным. Кроме того, за последнее время состояние европейской популяции сайгака, обитающей в Северо-Западном Прикаспии, резко ухудшилось, что придает особую важность их изучению.

Цель исследования: исследование особенностей макро- и микроморфологии преджелудков сайгаков, а также их функциональной активности на протяжении онтогенеза для выяснения развития механизмов адаптации к условиям обитания.

#### Материалы и методы исследования

Материалом для исследований послужили преджелудки сайгаков: рубец, сетка и книжка от 30 животных: 10 плодов, 5 новорожденных, 5 четырехмесячных и 10 взрослых. Исследования проведены с помощью комплекса гистологических, гистохимических и биохимических методов.

Для гистологического анализа образцы камер желудка сайгаков фиксировали в жидкости Гелли (жидкость Ценкера с формалином) и окрашивали методом Доминичи – Кедровского. Участие в обменных процессах расценивали по наличию, количеству и характеру локализации углеводов, жиров и ферментов: гликогена, гликопротеинов, липазы, сукцинатдегидрогеназы, кислот и щелочной фосфатазы, выявленных классическими методами: Шабадаша, Шубича, Дроздова, Шамахишова, Гомори, Нахласа, Гроуфорда, Зеллигмана [10].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Гистологическими методами выявлено, что у плодов сайгаков в 45 дней (в начале плодного периода развития) стенка преджелудков уже имела дефинитивную форму и состояла из трех оболочек: слизистой, мышечной и серозной (рис. 1). Слизистая оболочка стенки преджелудков образована из многослойного эпителия и соединительной ткани, мышечная – из двух слоев гладких мышечных клеток, серозная – из рыхлой соединительной ткани и тонкого слоя клеток мезотелия. На периферии эпителиального пласта имелись многочисленные экскреторные полости, достигавшие иногда зна-

чительных размеров, принимавших форму колб или больших цистерн, открывавшихся наружу, свидетельствуя об участии в обменных функциях через экскрецию (рис. 1).

Структурные преобразования слизистой оболочки преджелудков плодов сайгаков начинались в разное время – в рубце в 90 дней, сетке – в 60 дней, а в книжке – к началу плодного периода уже имелись листочки первого порядка. В это время происходило прогибание базальной мембраны в сторону поверхности эпителия, образуя соединительнотканые выпячивания – основу будущих морфофункциональных структур преджелудков: сосочков рубца, перегородок сетки, листочков книжки.

После рождения сайгачат происходила постепенная дефинитивная перестройка эмбрионального эпителиального пласта в многослойный слабоороговевающий эпителий, с уменьшением количества вакуолей и образованием гликокаликса, что особенно стимулировалось началом поедания растительного корма. У четырехмесячных сайгачат структура стенок преджелудков полностью имела дефинитивную структуру.

Многослойный эмбриональный эпителий слизистой оболочки преджелудков ранних плодов сайгаков состоял в основном из пузырчатых клеток с небольшим количеством митохондрий и эндоплазматического ретикулума, расположенных на периферии и околоядерной зоне. Верхние края соседних эпителиоцитов соединялись десмосомами, между которыми имелись многочисленные межклеточные щели и микроворсинки.

В позднеплодном периоде (90 дней – рождение) происходило мощное утолщение эпителиального пласта, имевшего до 50 рядов пузырчатых клеток, образование особой складчатости проксимальной поверхности базальных эпителиоцитов, увеличение ширины межклеточных щелей и активное образование цитоплазматических микроворотов. Такое строение эпителия связано не только с увеличением прочности взаимосвязи эпителиоцитов между собой, обеспечивающем защитные свойства, но и с интенсивной двухсторонней транспортной активностью всего эпителиального пласта.

Эпителий слизистой оболочки преджелудков уже в раннеплодный период обладал гликолитической активностью. Об этом свидетельствовало обнаружение по всему пласту гликогена, локализующегося в базальных частях и оболочках эпителиоцитов (рис. 2). Это свидетельствует об участии эпителия преджелудков плодов сайгаков в углеводном обмене, выполняя энергетическую и пластическую функции через расходование на рост и дифференцировку

эпителия и участие в формировании гликокаликса.

Результаты биохимического анализа гликогена в преджелудках сайгаков в течение онтогенеза выявили интересную динамику его накопления и расходования (рис. 3). У ранних плодов во всех преджелудках преобладали процессы накопления гликогена над расходованием его на рост и дифференцировку, что приводило к достижению его максимума к 120 дням. По нашему мнению, это является проявлением компенсаторной функции по отношению к печени, гликогендепонирующая функция которой пока низкая и недостаточная для обеспечения обменных функций плода в целом. К рождению, с мощным усилением дифференцировки всех структур слизистых оболочек и повышением гликогендепонирую-

щей функции печени, процессы расходования гликогена в преджелудках начали преобладать над накопительными, что приводило к резкому уменьшению его количества.

После рождения тенденция к уменьшению количества гликогена в преджелудках сохранилась до 4 месяцев и дальше к взрослому состоянию сайгаков (рис. 3). Очень интересным представляется тот факт, что на всем протяжении онтогенеза динамика гликогена в преджелудках была почти синхронной, при этом большие его значения были в книжке, средние – в сетке и наименьшие – в рубце, что коррелирует с интенсивностью процессов гистогенеза в этих камерах и является одним из адаптивных механизмов, обеспечивающих поддержание энергетического баланса в период морфогенеза.

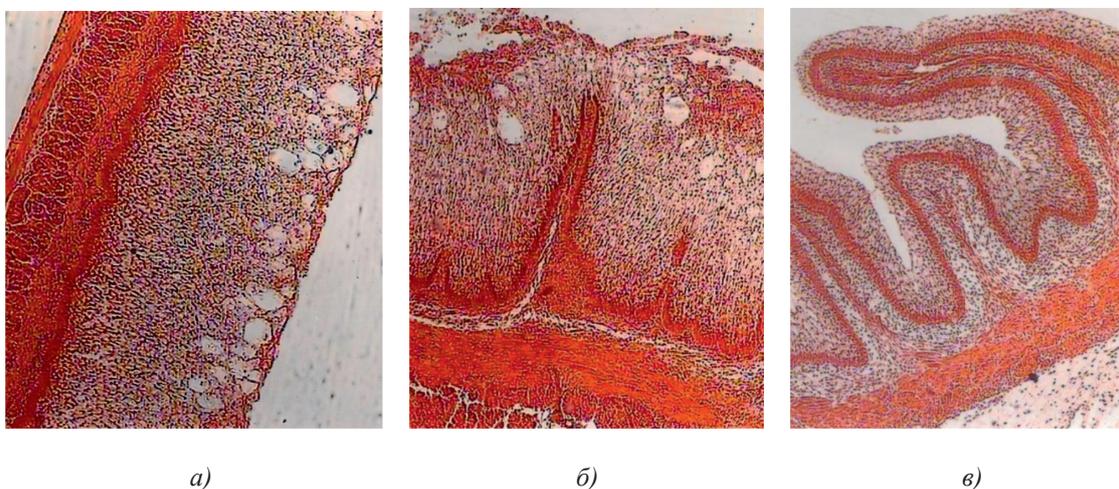


Рис. 1. Архитектоника слоев стенок преджелудков ранних плодов сайгаков и экскреторные вакуоли эпителиального пласта: а) рубец, б) сетка, в) книжка. Ув. x100

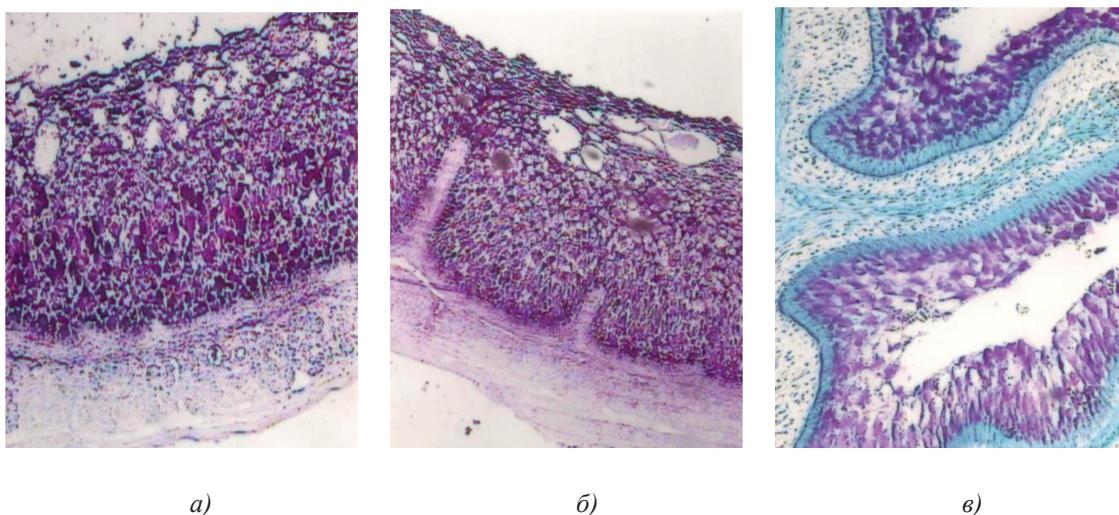


Рис. 2. Экскреторные полости и гликоген в пузырчатых клетках эпителия преджелудков ранних плодов сайгаков: а) рубец, б) сетка, в) книжка. Ув. x100

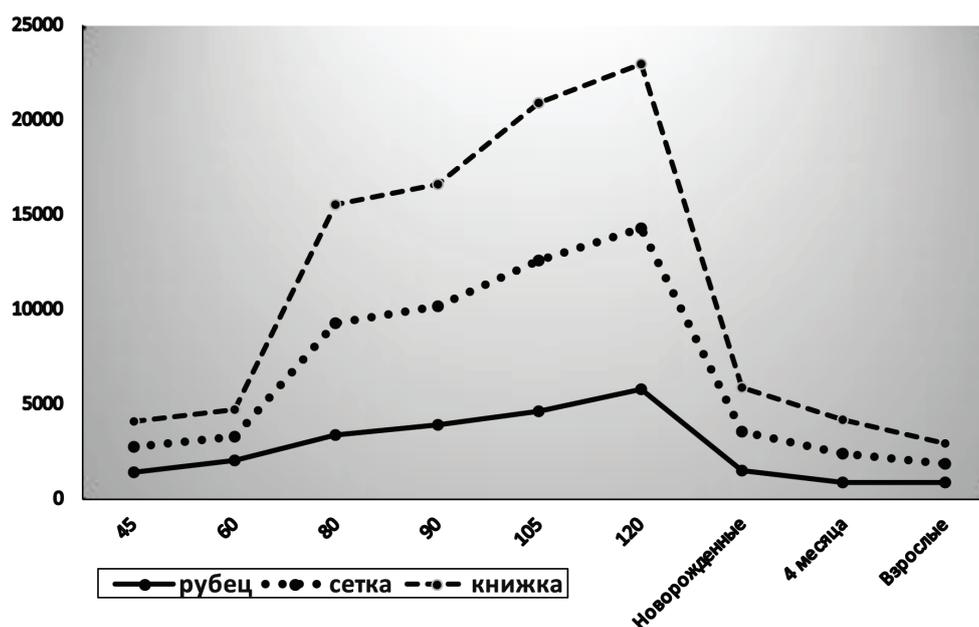


Рис. 3. Динамика гликогена в преджелудках сайгаков в течение онтогенеза

Гистохимическими и биохимическими методами выявлено, что начиная с раннеплодного периода и до взрослого состояния эпителий преджелудков сайгаков обладал также высокой ферментативной активностью. В 45 дней на поверхности эпителия преджелудков сайгаков выявились липаза, сукцинатдегидрогеназа, щелочная и кислая фосфатазы. На протяжении раннеплодного периода активность всех ферментов усиливалась. Локализовались они преимущественно в базальной мембране, клеточных оболочках, стенках кровеносных сосудов и нервных клетках.

К концу позднеплодного периода в эпителии преджелудков увеличивалась активность липазы, сукцинатдегидрогеназы, щелочной и кислой фосфатаз (рис. 4). Это, очевидно, способствовало активации участия слизистой оболочки преджелудков в обменных процессах, через двусторонний транспорт метаболитов через эпителиальный пласт. Эти данные также коррелируют с особенностями гистогенеза камбиального слоя эпителия всех преджелудков, связанными с образованием особого базального комплекса за счет увеличения складчатости проксимальной поверхности базального слоя, наличием между пузырьчатыми эпителиоцитами множества щелей и микроворсинок.

Гистохимическими методами в преджелудках плодов сайгаков в 45 дней были выявлены также нейтральные, а в 70 дней – кислые гликопротеины (рис. 5).

Известно, что гликопротеины участвуют в обменных процессах, ферментативных реакциях, росте, регенерации и выработке защитных свойств организма. На поверхности эпителия преджелудков гликопротеины, вместе с углеводами и ферментами, формируют гликокаликс – мощный защитный слой, увеличивающийся к рождению и до взрослого состояния сайгаков (рис. 5).

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований выявленные морфофункциональные особенности преджелудков сайгаков в течение онтогенеза позволили выяснить развитие адаптивных механизмов к условиям обитания. Формирование адаптивных механизмов начинается уже в начале раннеплодного периода и продолжается с совершенствованием на протяжении всего онтогенеза. Морфологические особенности преджелудков заключались в основном в строении эпителиального пласта с большим количеством вакуолей, образованием особой складчатости проксимальной поверхности базальных эпителиоцитов, наличием межклеточных щелей и микроворсинок, что обеспечивало защитные свойства и двусторонний транспорт веществ, а также пристеночный и внутрислойный метаболизм, которые усиливались к рождению, достигая завершенности у взрослых животных.

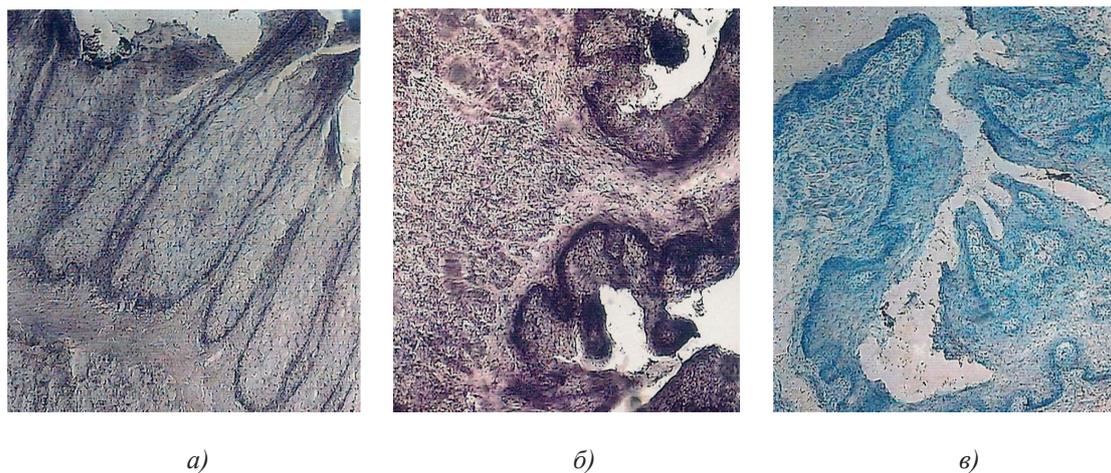


Рис. 4. Локализация ферментов в стенках преджелудков поздних плодов сайгаков: а) рубец, щелочная фосфатаза, б) сетка, липаза, в) книжка, кислая фосфатаза. Ув. x200

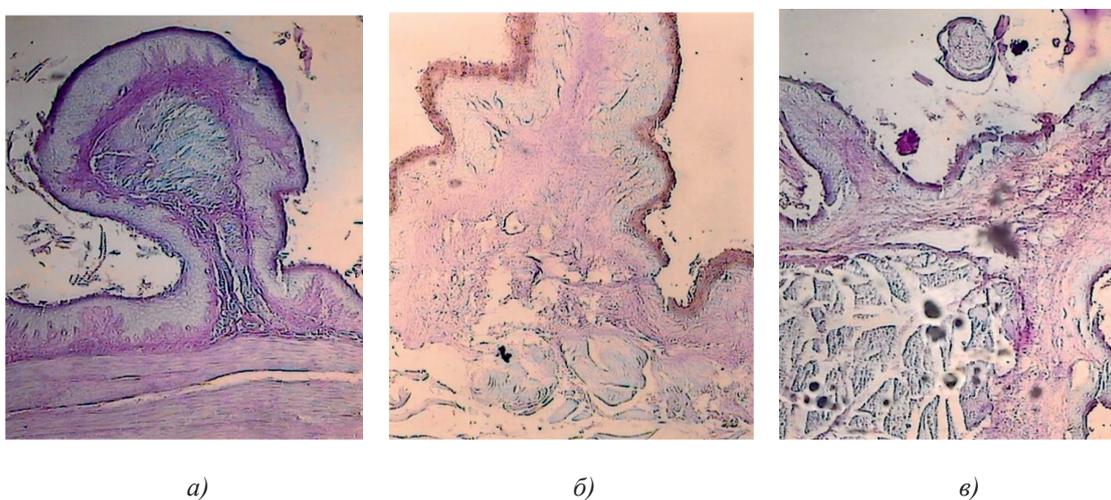


Рис. 5. Гликокаликс на поверхности эпителиального пласта преджелудков взрослых сайгаков: а) рубец, б) сетка, в) книжка. Ув. x200

Функциональные особенности заключались в развитии обменных процессов, в преджелудках сайгаков в течение онтогенеза, осуществлявшихся в эмбриональный период через межклеточный обмен с помощью двустороннего транспорта веществ через эпителий, направленной на поддержание постоянства внутренней среды организма. О транспорте веществ свидетельствовала и активность ферментов: липазы, сукцинатдегидрогеназы, щелочной и кислой фосфатаз, локализующихся в базальной мембране, по клеточным границам эпителиального пласта, в эндотелии кровеносных сосудов и нервных клетках. К рождению экскреторная функция слизистой оболочки преджелудков уменьшалась, вакуоли в эпителии постепенно исчезали, чему способствовало и включение амнио-

трофного питания в позднеплодный период путем заглатывания амниотической жидкости. У взрослых сайгаков обмен веществ в преджелудках усиливался, осуществляясь через межклеточные щели эпителиального пласта, обеспечивая сохранение энергетического баланса всего организма.

Выявленные механизмы морфологических и функциональных адаптаций преджелудков в процессе индивидуального развития сайгаков свидетельствуют о их значимости уже с начала их закладки и свидетельствуют о выраженности типа пищеварения жвачных, сформировавшегося и закрепившегося в течение длительной эволюции. Очевидно, обнаруженные механизмы экологически детерминированы, что говорит о необходимости сохранения условий обитания диких видов жвачных копыт-

ных, резкое изменение которых вследствие негативного антропогенного пресса может привести к непоправимым последствиям.

Полученные нами данные уточняют и расширяют представления о раннем морфогенезе желудка, формировании адаптивных механизмов диких жвачных копытных, что имеет не только теоретическое, но и практическое значение для разработки основ рационального кормления при разведении и содержании их в неволе с целью сохранения биоразнообразия.

#### Список литературы

1. Хацаева Р.М. Эколого-морфологическая характеристика желудка диких и домашних жвачных // Зоологический журнал. 2002. Т. 85. № 10. С. 1265–1270.
2. Хацаева Р.М. Морфологические особенности желудка в онтогенезе в связи с пищевой специализацией представителей *Carpinae*: дис. ... д-ра. биол. наук. Москва, 2005. 433 с.
3. Бушукина О.С. Онтогенез нервной ткани стенки многокамерного желудка овец: дис. ... д-ра вет. наук. Саратов, 2008. 454 с.
4. Вракин В.Ф., Сидорова М.В., Панов В.П., Семак А.Э. Практикум по анатомии и гистологии с основами цитологии и эмбриологии сельскохозяйственных животных. СПб.: Изд-во Лань, 2013. 352 с.
5. Климов А.Ф., Акаевский А.И. Анатомия домашних животных: учебник. СПб.: Лань, 2011. 1040 с.
6. Юшканцева С.И., Быков В.Л. Гистология, Цитология и Эмбриология. М., 2006. 434 с.
7. Ипполитова Т.В., Лысов В.Ф., Шевелев Н.С., Максимов В.И. Физиология и этология животных. М.: КолосС, 2012. 604 с.
8. Gordon I.J., Perez-Barberia F.J., Cuatrecasas P. The influence of rumen microflora adaptation on the *in vitro* digestion of different forages in sheep and red deer // *Canadian Journal of Zoology*. 2002. Vol. 80. P. 1930–1937.
9. Никитин Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных. М.: Техноперспектива, 2009. 464 с.
10. Хацаева Р.М. Морфофункциональное изучение органов пищеварения полорогих (*Bovidae*): методические рекомендации. М.: «Товарищество научных изданий КМК», 2017. 96 с.

УДК 631.582:631.452(470.65)

## ОПТИМИЗИРОВАННЫЕ СХЕМЫ СЕВОБОРОТОВ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ЗЕМЕЛЬ ГОРНОЙ ЗОНЫ РСО-АЛАНИЯ

**Мамиев Д.М., Абаев А.А.**

*Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал ФГБУН Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», с. Михайловское, e-mail: d.mamiev@mail.ru*

Организационно-хозяйственные мероприятия в горах должны сводиться к правильной организации территории с учетом агроэкологических условий, характера рельефа, свойств почвы, эрозионного состояния угодий, почвозащитного влияния различных сельскохозяйственных культур. Все эти меры на склоновых землях должны быть направлены на повышение плодородия почвы с одновременным снижением эрозионных процессов. Условия для возделывания основных сельскохозяйственных культур требуют научно обоснованных правил землепользования. Более 70% почв в горной зоне в разной степени подвержены эрозии и около 20% – эрозионно опасные. В этих условиях система земледелия должна быть почвозащитной, она позволит повысить плодородие почв и увеличить продуктивность сельскохозяйственных культур. Важное значение при переходе адаптивно-ландшафтной системы земледелия имеет видовой состав культур и их соотношение в структуре посевных площадей во всех агроэкологических группах земель. Оптимальная структура посевных площадей для горной зоны: озимые и яровые зерновые культуры – 30%, пропашные культуры – 20%, многолетние и однолетние травы – 50%. Разработанная схема агроэкологической группировки земель горной зоны РСО-Алания включает 8 разновидностей группировок почв, но сельскохозяйственное значение имеют только 3 агроэкологические группы земель. Для этих агроэкологических групп земель были усовершенствованы полевые, кормовые и овощные севообороты: для первой группы земель оптимизированные 9 типов севооборотов с целью обеспечения охотхозяйств и заказников кормами на зимний период; для четвертой группы земель усовершенствовано семь вариантов полевых, кормовых и овощных севооборотов; для пятой группы почв усовершенствовано девять типов полевых, кормовых и овощных севооборотов. Оптимизированные схемы севооборотов для различных агроэкологических групп земель горной зоны горной зоны РСО-Алания обеспечивают снижение деградационных процессов, повышают плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур на 12–15%.

**Ключевые слова:** почва, севооборот, культура, картофель, клевер, соя

## OPTIMIZED SCHEMES OF SEWER CONTROL FOR AGROECOLOGICAL GROUPS OF LAND OF THE MOUNTAIN ZONE OF RNO-ALANYA

**Mamiev D.M., Abaev A.A.**

*North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Science, Mikhailovskoe, e-mail: d.mamiev@mail.ru*

Organizational and economic measures in the mountains should be reduced to the proper organization of the territory, taking into account the agroecological conditions, the nature of the relief, the soil properties, the erosive condition of the land, the soil-protective effect of various agricultural crops. All these measures on sloping lands should be aimed at increasing the fertility of the soil with a simultaneous reduction of erosion processes. Conditions for the cultivation of basic crops require scientifically sound land use rules. More than 70% of the soils in the mountainous zone are subject to erosion in various degrees and about 20% are erosion-hazardous. In these conditions, the system of farming should be soil-protective, which will increase the fertility of soils and increase the productivity of agricultural crops. Important in the transition of the adaptive landscape system of agriculture is the species composition of crops and their ratio in the structure of sown areas in all agroecological groups of lands. Optimal structure of acreage for the mountain zone: winter and spring cereals – 30%, row crops – 20%, perennial and annual grasses – 50%. The developed scheme of agroecological grouping of the lands of the mountain zone of North Ossetia-Alania includes 8 varieties of soil groupings, only three agro-ecological groups of land have values. For these agroecological groups of lands, there were improved field, fodder and vegetable crop rotations: for the first group of lands, optimized 9 types of crop rotation with the aim of providing hunting farms and reserves with fodder for the winter period; Seven variants of field, fodder and vegetable crop rotations were improved for the fourth group of lands; For the fifth group of soils, nine types of field, fodder and vegetable crop rotations have been improved: Optimized crop rotation schemes for various agroecological groups of lands in the mountainous zone of the RNO-Alania mountain zone, reduce degradation processes, increase soil fertility and productivity of agricultural crops by 12-15%.

**Keywords:** soil, crop rotation, crop, potato, clover, soybean

Горная территория РСО-Алания является важным резервом для наращивания объемов сельскохозяйственного производства. Здесь сосредоточено около 40% всех площадей республики, большая часть которых

характеризуется благоприятными почвенно-климатическими условиями [1, 2].

Почвенный покров горной части Северной Осетии – Алании весьма разнообразен по типу почвообразования, возрасту, стро-

ению профиля, морфологическим признакам, уровню плодородия, виду и качеству растительной продукции, а следовательно, и по хозяйственному предназначению [3, 4].

Поэтому их положение в экологической системе и особенно экономическое значение в хозяйственной деятельности человека неодинаковы, что требует дифференцированного подхода к их рациональному использованию, не нарушая экологически допустимой нормы [5, 6].

Цель исследования: оптимизировать схемы севооборотов для различных агроэкологических групп земель горной зоны Центрального Кавказа, обеспечивающие снижение деградационных процессов, повышение плодородия почв, эффективности использования пашни и продуктивности сельскохозяйственных культур.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводились в горной зоне Центрального Кавказа на основе научных принципов и подходов, изложенных в методических руководствах: «Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» (М.: РАСХН, 2005, под ред. академиком РАСХН А.Л. Иванова и В.И. Кирюшина) [7].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Разработанная схема агроэкологической группировки земель включает 8 разновидностей группировок почв, имеющих определенное эколого-хозяйственное значение и близких по своим агротехническим и ландшафтно-экологическим параметрам, но сельскохозяйственного значения имеют только 3 агроэкологические группы земель.

*1-я группа почв.* К этой группе отнесены почвы однотипного почвообразования и однотипного хозяйственного значения. Это бурые горнолесные, в различной степени оподзоленные и эродированные, а также оглеенные, развитые преимущественно на рыхлых породах глинистого и суглинистого механического состава; расположены в пределах Лесистого хребта и на склонах Пастбищного хребта северной экспозиции. В рельефном отношении эта территория представляет собой склоны различной крутизны и экспозиции в сочетании с пологими шлейфами и мягкими очертаниями пологих и плоских вершин. Вся территория этих почв занята сомкнутой древесной растительностью.

В экономическом отношении рассматриваемые земли находятся в положении устойчивого равновесного состояния. Здесь почти на всей территории эрозионные процессы очень сильно подавлены. Сплошной лес с мощной лесной подстилкой древес-

ного опада полностью устраняет кинетическую энергию удара крупных капель дождя о поверхность почвы и струйчатый поток воды по поверхности, которые обычно вызывают интенсивный смыв рыхлых пород по склону.

На склонах южной экспозиции Лесистого хребта и частично Пастбищного почвы формируются на элювио-делювии валунно-галечниковых отложений и песчаников, поэтому их грубый механический состав является фактором, ослабляющим эрозионные процессы. Кроме того, почва здесь находится под защитой сомкнутой кроны деревьев и мощной лесной подстилкой. А также эти земли малодоступны для ведения свободной рубки леса и вывоза продукции по причине сложного рельефа и выхода коренных валунно-галечниковых отложений на поверхность. Поэтому антропогенное вредное влияние на экологическую ситуацию сведено к минимуму.

В целом рассматриваемая группа почв является ценным природным ресурсом, дающим разнообразную древесную продукцию. При правильной научно обоснованной организации работ, не нарушая установившуюся экосистему, республика может получать достойные прибыли.

Для этой группы земель тем не менее возможно введение кормовых севооборотов с целью обеспечения охотничьих видов животных кормами на зимний период.

Для данной агроэкологической группы почв было усовершенствовано 9 видов севооборотов: *1 вид:* 1. Клевер (вывод, клин). 2. Озимая рожь. 0. Пожнивные. 3. Кукуруза на зерно. 0. Ранневесенние. 4. Кукуруза на силос. *2 вид:* 1. Клевер. 2. Клевер. 3. Кукуруза на силос. 4. Озимые колосовые. 0. Пожнивные. 5. Кормовая свекла. 0. Ранневесенние. 6. Кукуруза на зерно. *3 тип:* 1. Клевер. 2. Клевер. 3. Тритикале. 0. Поукосные (редька масличная). 4. Кормовая свекла. 5. Озимые колосовые + клевер. *4 вид:* 1. Клевер. 2. Озимая пшеница. 0. Пожнивные. 3. Соя. 4. Кукуруза на зерно. 5. Кукуруза на зерно. 6. Озимый ячмень + мн. травы. *5 вид:* 1. Однолетние травы. 2. Озимые колосовые. 0. Озимые промежуточные. 3. Кукуруза на зерно. 4. Кукуруза на силос. 5. Однолетние травы. 0. Поукосные. 6. Кормовая свекла. *6 тип:* 1. Кукуруза на силос. 2. Тритикале. 0. Пожнивные. 3. Кормовая свекла. 4. Однолетние травы. 5. Кукуруза на зерно. *7 вид:* 1. Горох. 2. Озимые колосовые. 0. Пожнивные. 4. Кукуруза на зерно. 5. Озимый ячмень. 6. Кукуруза на зерно. *8 вид:* 1. Кукуруза на зерно. 2. Озимые колосовые. 0. Пожнивные. 3. Кормовая свекла. 0. Ранневесенние.

4. Соя. 5. Однолетние травы. 9 вид: 1. Однолетние травы. 2. Картофель. 3. Озимая рожь. 4. Кукуруза на зерно. 5. Яровой ячмень. 6. Кормовая свекла.

*2-я группа почв.* В эту группу отнесены бурые горнолесные глинистые и суглинистые почвы в сочетании с вторичными горно-луговыми субальпийскими и перегнойно-карбонатными почвами. Они развиты под воздействием сложного комплекса древесной и травянистой растительности, временами сменяющейся одна другой или развивающейся совместно.

Большей частью это разреженный лес с травянистым покровом в подлеске. Поэтому земли эти имеют двойственное значение. Поскольку среди разреженного леса и на полянах развиваются пышные разнотравно-злаковые и разнотравно-злаково-бобовые луга с богатым травостоем, достигающим 70–80 см высоты и значительной густоты, эти земли являются для животноводства высокоценными пастбищами и сенокосами, дающими на пологих и покатых склонах до 25–30 ц/га сена высокого качества. На более крутых склонах – только регламентированные пастбища значительно меньшей продуктивности.

Мощный травостой на лугах образует прочную дернину, защищающую поверхность почвы от эрозии, а высокая водопроницаемость почв и их дренированность снижает возможность образования поверхностного струйчатого стока дождевых вод. Поэтому при использовании таких земель, как сенокосы и пастбища, важно не допускать разрушения дернины техникой и копытами животных. Избегать многократного движения техники по одному и тому же следу. Менять направления перегона скота с одного участка на другой. Лучшей организацией пастбищ является загонный способ, строго соблюдая нормы выпаса в каждом загоне по степени стравливания травостоя, который может восстановиться за время отдыха загона до следующего периода стравливания.

Такой способ использования пастбищ в значительной степени способствует возвращению питательных веществ в почву, выносимых с кормом, а также имеет противоэрозионное значение. Вторичные горно-луговые субальпийские почвы, хотя и содержат значительные количества валовых форм питательных веществ, но бедны доступными растениям формами фосфора и азота, а также имеют кислую среду почвенного раствора.

Таким образом, земли рассматриваемой территории являются весьма ценной базой в республике для расширения животноводческого производства.

Что касается лесных массивов, то их эффективное использование сильно затруднено сложностью рельефа и отсутствием подъездных дорог. При использовании лесной продукции в доступных местах следует соблюдать допустимые нормы антропогенного вмешательства в природу, чтобы не нарушить установившийся процесс развития экологической системы.

*3-я группа почв.* В третью группу выделены горнолесные часто подзолистые суглинисто-щебнистые почвы, развитые под высокогорными мелколиственными и хвойными лесами, расположенными преимущественно на северных покатых и крутых склонах и глубоких лощинах на высотах 1600–2400 м над уровнем моря в пределах Северной Юрской и Южной внутригорных депрессий. Это в большинстве случаев криволесье различных малоценных пород. В сомкнутом сосновом лесу в подлеске травянистых растений нет. В них преобладают мхи, образующие торфянистый слой разной мощности.

В березовом мелколесье и редколесье произрастает разнотравно-злаковая луговая растительность низкого кормового достоинства из-за кислой реакции и малой зольности. Это скудные малодоступные пастбища, не представляющие собой ценности.

Поэтому рассматриваемые земли особого хозяйственного значения не имеют. Лесная продукция используется местными жителями на дрова для отопления. Однако экологическая ценность этих лесов огромна. Они играют основную роль в защите почв от эрозии, являются фактором водорегулирующим и селезащитным.

*4-я группа почв* (горные лугово-степные суглинистые отлогих склонов, горные лугово-степные слаборазвитые щебнистые эродированные покатых и крутых склонов и горные лугово-степные различного механического состава, большей частью окултуренные, на конусах выноса и речных террасах). Для данной агроэкологической группы было усовершенствовано семь вариантов полевых, кормовых и овощных севооборотов: *1 вид:* 1. Клевер. 2. Клевер. 3. Озимая пшеница. 0. Пожнивные на сидерат. 4. Картофель. 5. Озимая пшеница. 0. Пожнивные. 6. Кукуруза на зерно. 7. Кукуруза на силос. 8. Озимые колосовые. *2 вид:* 1. Кукуруза на силос. 2. Озимые колосовые. 0. Пожнивные. 3. Кормовая свекла. 4. Однолетние травы. 5. Озимая пшеница. 0. Пожнивные. 6. Картофель. *3 вид:* 1. Озимая пшеница. 0. Пожнивные сидерат. 2. Картофель. 3. Озимая пшеница. 0. Пожнивные (гречиха). 4. Кукуруза на зерно с запашкой лисотебельной массы. 5. Кар-

тофель. 6. Соя. 4 вид: 1. Овес + клевер. 2. Клевер 1 г.п.. 3. Клевер 2 г.п.. 4. Кукуруза. 5. Озимая рожь. 6. Столовая свекла. 5 вид: 1. Клевер 1 г.п.. 2. Клевер 2 г.п.. 3. Озимая пшеница. 4. Капуста. 5. Столовые корнеплоды. 6. Овес + клевер. 6 вид – кормовой: 1. Клевер. 2. Клевер. 3. Озимые колосовые. 4. Кормовая свекла. 5. Кукуруза на силос. 6. Картофель. 7. Овес + мн. Травы.

5-я группа почв (горно-луговые субальпийские (черноземовидные) глинистые и суглинистые отлогих склонов и горно-луговые субальпийские глинистые широких водоразделов и отлогих склонов). В республике эта группа почв занимает площадь более 28 тысяч гектаров. Земли используются как сенокосы и летние пастбища для крупного рогатого скота. Это лучшие земли эколого-животноводческого значения в горной части республики по показателям продуктивности лугов и качеству корма. В прошлом (до переселения горцев на равнину) на небольших площадях на субальпийских черноземовидных почвах выращивали зерновые яровые, горох, картофель, овощные и другие культуры. Для данной агроэкологической группы почв было усовершенствовано девять видов полевых, кормовых и овощных севооборотов:

1 вид: 1. Овес + клевер. 2. Клевер 1 г.п.. 3. Клевер. 4. Овес на зерно. 5. Озимая рожь на зерно. 6. Картофель. 2 вид: 1. Овес + клевер. 2. Клевер 1 г.п.. 3. Клевер 2 г.п.. 4. Кукуруза на зерно. 5. Озимая рожь. 6. Столовая свекла. 3 вид: 1. Овес + клевер. 2. Клевер 1 г.п.. 3. Клевер 2 г.п.. 4. Озимая пшеница. 5. Яровой ячмень. 6. Капуста. 4 вид: 1. Озимый ячмень + клевер. 2. Клевер 1 г.п.. 3. Клевер 2 г.п.. 4. Кукуруза на силос. 5. Однолетние травы. 6. Кормовая свекла. 5 вид: 1. Озимая пшеница. 2. Кукуруза на зерно. 3. Кукуруза на зерно. 4. Озимая пшеница. 5. Горох + овес на з/к. 6. Клевер (выводное поле). 6 тип: 1. Клевер + тимофеевка 1 г.п.. 2. Клевер + тимофеевка 2 г.п.. 3. Капуста. 4. Огурцы 0. Озимые промежуточные. 5. Столовая свекла. 6. Овес + клевер. 7 вид: 1. Зеленый горошек. 2. Капуста ранняя, редис. 0. Озимые промежуточные. 3. Огурцы, томаты. 4. Корнеплоды, редька. 5. Капуста поздняя. 8 вид: 1. Однолетние травы. 2. Озимые колосовые + пожнивные. 3. Кормовая свекла. 0. озимые промежуточные. 4. Соя. 5. Кукуруза на зерно.

6. В эту группу выделены горно-луговые субальпийские слабо развитые щебнистые почвы крутых эродированных склонов в сочетании с горно-луговыми субальпийскими различного механического состава конусов выноса и речных террас.

Эти почвы развиваются также под пышной разнотравно-злаково-бобовой луговой

растительностью, которая имеет высокую кормовую ценность. Однако из-за крутизны склонов травяной покров менее густой и дернина менее прочная и легко ранима под копытами животных. Пригодных для сенокосения площадей очень мало. Поэтому эти земли считаются хорошими пастбищами для крупного рогатого скота и овец.

Эти почвы менее защищены дерниной от разрушения копытами животных, особенно на более крутых склонах, поэтому очень важно снизить поголовье скота на единицу площади на 25–50%, ввести пастбищеоборот с использованием загонного способа, строго соблюдать нагрузку скота с учетом допустимых норм стравливания пастбищ. Для быстрого восстановления растительного покрова после стравливания следует вносить азотные и фосфорные минеральные удобрения в дозах 60 и 90 кг/га действующего вещества совместно с известкованием – 4–6 т/га.

При выпасе овец нужно менять места стойбищ, что обеспечит возврат в почву значительной части выносимых с пастбищ элементов минерального питания растений.

На выбитых скотом склоновых пастбищах давать отдых от 2 до 5 лет с подсевом семян многолетних трав.

7. Бедные эколого-пастбищные почвы (горно-луговые альпийские торфянистые маломощные суглинисто-щебнистые плоских водоразделов и отлогих склонов и горно-луговые альпийские оторфованные слабо развитые щебнистые крутых склонов и узких гребней). Это бедные земли эколого-пастбищного значения. Растительный состав представлен зеленым мхом, лишайником, кобрезией, манжеткой, дриадой кавказской и др. Это малопродуктивные, низкого кормового достоинства пастбища для овец, находящиеся в эрозионно опасных условиях.

8. Земли субнивального и нивального поясов. Эта территория в республике хозяйственного значения не имеет, в экологическом отношении ее значение велико. Здесь накапливаются большие запасы пресной воды, регулярно питающие горные реки. Покрытые льдом и снегом вершины влияют на температурный режим и длительность теплого периода на лугах и внутриворонных долинах.

### Выводы

1. Оптимальная структура посевных площадей для горной зоны: озимые и яровые зерновые культуры – 30%, пропашные культуры – 20%, многолетние и однолетние травы – 50%.

2. Для первой группы земель оптимизированные 9 типов севооборотов с целью

обеспечения охотхозяйств и заказников кормами на зимний период.

3. Для четвертой группы земель усовершенствовано семь вариантов полевых, кормовых и овощных севооборотов.

4. Для пятой группы почв усовершенствовано девять типов полевых, кормовых и овощных севооборотов.

5. Оптимизированные схемы севооборотов для различных агроэкологических групп земель горной зоны РСО-Алания, обеспечивают снижение деградационных процессов, повышают плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур на 12–15%.

#### Список литературы

1. Абаев А.А., Адиньяев Э.Д., Айларов А.Е., Бзикова М.А., Мамиев Д.М., Мисик Н.А., Доева Л.Ю., Шальгина А.А. Модель адаптивно-ландшафтной системы

земледелия (АЛСЗ) для предгорной зоны РСО-Алания. А. Владикавказ, 2008. 185 с.

2. Тедеева В.В., Хохоева Н.Т., Тедеева А.А. Влияние гербицидов на засоренность нута // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 4. С. 34–38.

3. Адиньяев Э.Д., Албегов Р.Б. Теоретические основы и история развития землеустройства в России. Владикавказ, 2014. 272 с.

4. Албегов Р.Б., Гагиева С.С. Агрландшафты Республики Северная Осетия – Алания: природно-ресурсный потенциал, экологический анализ и энергетическая оценка. Владикавказ, 2014. 312 с.

5. Тугуз Р.К., Мамсиров Н.И. Агроэкологическая оценка земель республики Адыгея // Земледелие. 2012. № 3. С. 31–33.

6. Мамиев Д.М., Кумсиев Э.И., Шальгина А.А. Структура севооборотов для горной зоны РСО Алания в адаптивно-ландшафтном земледелии // Научная жизнь. 2014. № 6. С. 72–76.

7. Кирюшина В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем и агротехнологий. М., 2005. 784 с.

УДК 911.3(571.54/.55)

## ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА ДОСТУПНОСТИ В РЕКРЕАЦИОННОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Соловова А.Т.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, e-mail: a.t.solo@bk.ru*

Рассмотрена обеспеченность бальнеологического потенциала Забайкальского края одним из основных его элементов – минеральными водами. Проанализирован сложившийся характер и особенности использования бальнеологического потенциала, свойственные периферийному региону. Из более чем 300 месторождений холодных углекислых и термальных азотных вод утверждены запасы на 14, на базе 5 работают санатории регионального и республиканского значения (Дарасун, Молоковка, Кука, Ургучан, Шиванда). На месторождениях (Акшинское, Базановское, Дарасунское, Кукинское, Молоковское, Орловское, Ургучанское, Шивандинское, Ямаровское) осуществляется розлив минеральной воды. Оценены запасы четырех месторождений (Карповское, Кислый ключ, Ямкунское, Луктурское). На базе двух (Ямкун и Карповка) работают: физиотерапевтическая больница восстановительного значения и центр восстановительной медицины и реабилитации (Карповка). Начальный этап освоения рекреационных ресурсов, как правило, имеет длительно существующие неорганизованные формы так называемых «диких» курортов. В таком режиме используются труднодоступные курортные местности: Былыра, Горячий Ключ, Двенадцать ключей (Кыринский и Каларский районы). Рассмотрена взаимосвязь активности рекреационного природопользования в муниципальных районах с фактором транспортной доступности. Проведена дифференциация муниципальных образований (районов) по уровню активности использования объектов рекреационного интереса и транспортной доступности. Обозначены перспективные возможности и направления использования.

**Ключевые слова:** минеральные воды, бальнеологический потенциал, транспортная доступность, активность использования, периферийность

## THE IMPORTANCE FACTOR OF ACCESSIBILITY IN RECREATIONAL NATURE MANAGEMENT (TRANS-BAIKAL TERRITORY)

Solovova A.T.

*Institute of natural resources, ecology and cryology SB RAS, Chita, e-mail: a.t.solo@bk.ru*

The provision of the balneological potential of the Trans-Baikal Territory with one of its main elements with mineral waters is considered. The developed character and peculiarities of using the balneological potential peculiar to the peripheral region are analyzed. Of the more than 300 deposits of cold carbonic and thermal nitrogen waters, reserves for 14 have been approved, and sanatoriums of regional and national importance (Darasun, Molokovka, Cook, Urguchan, Shivanda) are operating on the basis of five. At 9 deposits (Akshinskoye, Bazanovskoye, Darasunskoye, Kukinskoye, Molokovskoye, Orlovskoye, Urguchanskoye, Shivandinsky, Yamarovskoye) bottling of mineral water is carried out. The reserves of four deposits are estimated (Karpovskoye, Kislyi Key, Yamkunskoye, Lukturskoye). On the basis of two (Yamkun and Karpovka) work: a physiotherapeutic hospital of restorative value and a center for restorative medicine and rehabilitation (Karpovka). The initial stage of development of recreational resources, as a rule, has long-existing unorganized forms of so-called «wild» resorts. In this mode, hard-to-find resort areas are used: Bylira, Goryachy Klyuch, Twelve keys (Kyrinsky and Kalarsky districts). The interrelation between activity of recreational nature management in municipal areas with the factor of transport accessibility is considered. The differentiation of municipalities (districts) by the level of activity of using objects of recreational interest and transport accessibility was carried out. Prospective opportunities and directions of use are indicated.

**Keywords:** mineral waters, balneological potential, transport accessibility, activity of use, periphery

Забайкальский край находится в центре Евразийского материка, на стыке крупных экономических регионов Сибири и Дальнего Востока, КНР и Монголии. Численность населения – 1072,8 тыс. чел., территория – 431,9 тыс. кв. км, плотность населения – 2,5 чел. на кв. км [1]. Низкая плотность населения и обширная территория объективно несут за собой повышенную транспортную нагрузку и издержки на инфраструктурное обустройство [2]. Территориальная пространственная система Забайкальского края характеризуется низкой степенью социально-экономической освоенности, слабой внутренней транспортной связанностью, высоким бальнеологическим потенциалом.

Цели и задачи: проанализировать взаимосвязь транспортной доступности территорий, имеющих высокий бальнеологический потенциал, с активностью и характером их рекреационного природопользования.

### Материалы и методы исследования

Прикладные экономико-географические аспекты рекреационного природопользования приведены в исследованиях А.Ю. Александровой, Ю.А. Веденина, К.В. Зворыкина, В.П. Чижовой и др. Исследованиями минеральных вод Забайкалья в разные годы занимались Н.И. Толстихин, В.Г. Ткачук, И.А. Багашев, Е.В. Пиннекер, В.И. Флешлер и др. Полифункциональное и целевое назначение рекреационных ресурсов представлено в работах Д.Л. Арманд, Ю. Одуна и др. Автором данной работы рассмотрены внутрирегиональные проблемы в использовании бальнеологи-

ческого потенциала Забайкальского края. Применены традиционные для рекреационной географии методы: анализа статистических материалов, официальных документов, литературных источников и материалы полевых наблюдений.

В числе природных особенностей Забайкальского края: большое ландшафтное разнообразие: от гольцового пояса Станового и Хэнтэй-Даурского нагорий до сухих степей на юго-востоке территории, богатство флоры и фауны горно-таежных лесов и степей, бальнеологические ресурсы высокого качества и разнообразия типов. Выявлено и в различной степени изучено более 300 месторождений холодных углекислых и термальных азотных вод. Утвержденные запасы имеют 14 месторождений, оцененные – 4. Потенциал бальнеологических минеральных ресурсов имеет традиционно высокие позиции по характеру и качеству минеральных вод, запасам, числу месторождений, что дает краю хорошие возможности для развития рекреационного природопользования.

### Результаты исследования и их обсуждение

Используется малая часть выявленных месторождений минеральных вод: на базе пяти работают санатории регионального и республиканского значения («Дарасун», «Молоковка», «Кука», «Ургучан», «Шиванда»); на базе двух – физиотерапевтическая больница восстановительного значения «Ямкун» и центр восстановительной медицины и реабилитации «Карповка». На 9 месторождениях (Акшинское, Базановское, Дарасунское, Кукинское, Молоковское, Орловское, Ургучанское, Шивандинское, Ямаровское) осуществляется розлив минеральной воды. Начальный этап освоения бальнеологических ресурсов в Забайкальском крае, датируемый концом XVIII века, имеет длительно существующие неорганизованные формы «диких курортов» (Олекан и Шивия на р. Нерча, Аршан Гашунский и Улан-Булак Агинский на р. Онон, Былыринский в центральной части Забайкалья, Карповский на р. Читинка). Практически в прежнем режиме продолжается использование наиболее популярных среди населения минеральных источников: «Былыра», «Горячий Ключ», «Двенадцать ключей» (Улурийские) с неконтролируемым использованием и посещением. В летний период активно используются источники Аршан, Шивия, озера Доронинское и Арей. Отдыху и самолечению сопутствуют истории чудесных выздоровлений. Сформировалась устойчивость предпочтений во времени, которая объясняется максимизацией индивидуума его способности к выживанию [3].

Месторождения минеральных вод используются предприятиями для создания ведомственных профилакториев, домов и баз отдыха: «Зымка-Аршан», «Орловский», «Угсахай», «Аршан», «Судунтуй»

и др. Бывшая физиотерапевтическая больница Забайкальской железной дороги «Карповка», благодаря хорошей транспортной доступности (окрестности г. Чита), финансовым возможностям предприятия успешно развивается уже как Центр восстановительной медицины и реабилитации, лечебно-оздоровительного туризма. В целом степень организованной рекреационной освоенности Забайкальского края крайне низка.

Рекреационное пространство развивается во времени, претерпевая экономические и институциональные изменения, свойственные экономике региона. В структуре использования природно-ресурсного потенциала по-прежнему предпочтение отдается минеральным и лесным ресурсам, в качестве важной составляющей декларируется рекреационная. В основных показателях социально-экономического развития края сохраняются признаки периферийности развития: доля Забайкальского края в экономике РФ по показателям численности населения, занятых в экономике, объеме инвестиций в основной капитал, валовом региональном продукте, объеме промышленной продукции, объеме продукции сельского хозяйства, обороте розничной торговли, не достигает одного процента. Продолжаются неблагоприятные изменения в численности населения, за период 2010–2016 гг. она снизилась еще на 24,2 тыс. чел., миграционная убыль населения за этот же период составила 6,5 тыс. чел. [1]. Процесс углубления поляризации проявляется в формировании краевого центра, развивающегося наиболее динамично. Из районов вымывается молодое население, оседающее как в краевом центре, так и за его пределами. Отток населения наиболее убедительно говорит о качестве происходящих изменений. Реальные доходы населения, имея тенденцию снижения, иногда перемежаются с нестабильным ростом. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении в 2016 г. составила 68,3 года [1].

В периферийной среде с особой остротой встают вопросы взаимодействия центра и периферии, в том числе доступности передвижения. Основным видом передвижения внутри региона является автомобильный. По территории края проходят крупные федеральные автомагистрали «Амур» Чита – Хабаровск, «Байкал» Иркутск – Улан-Удэ – Чита и Чита – Забайкальск – граница с Китайской Народной Республикой, автодороги регионального значения Дарасун – госграница с МНР и Улан-Удэ – Романовка – Чита и другие. Эти дороги обеспечивают выход к государственной границе с Китаем и Монголией, связь с соседними

субъектами: Республикой Бурятия и Амурской областью. В результате пересечения федеральных, региональных автомобильных дорог, железной дороги и аэропорта в г. Чите формируется крупный транспортный узел межрегионального значения.

При этом для огромной территории края (431,9 тыс. кв. км) свойственна внутренняя неравномерность развития транспортной инфраструктуры. Территория мало связана: 160 населенных пунктов не обеспечены постоянной круглогодичной связью с сетью автомобильных дорог общего пользования по дорогам с твердым покрытием, неудовлетворительно состояние автомобильных дорог регионального, межмуниципального и местного значения, особенно в границах населенных пунктов. Физическая транспортная доступность сопряжена с труднодоступностью горно-таежных территорий, высокой стоимостью передвижений или совокупностью данных факторов. Нарастающий износ автомобильных дорог не в состоянии обеспечить заданные скорости, создает угрозу безопасности движения. Динамика удельного веса автомобильных дорог с твердым покрытием за период 2005–2015 гг. показывает, что темпы снижения этого показателя в Забайкальском крае (31,7%) опережают соответствующий показатель по России (22,7%), Сибирскому федеральному округу (СФО) в целом (19,6%) и ряду его регионов: Иркутской области (13,3%), республике Алтай (12,5%). Наблюдается и низкая плотность сети автомобильных дорог с твердым покрытием (таблица) [4]. Тенденция сохраняется. Плотность железнодорожных путей (56 км путей на 10 000 кв. км) превышает показатель по России – 50 км, СФО – 28 км, Бурятии – 35 км, Иркутской области – 32 км, но ниже соответствующего показателя по Алтайскому краю – 86 км.

Для транзитного региона, каким для иностранного туриста становится Забайкальский край, наличие транспортной инфраструктуры и объектов придорожного сервиса является особенно важным. Во время перемещения путешествующие хотят посещать интересные подготовленные туристские объекты, бальнеологические имеют такой ресурс. По мере того как аттракции транзитных территорий вовлекаются в сферу туризма со временем они нередко становятся «точками» роста новых туристских дестинаций [2]. Характер активности использования рекреационных ресурсов при сложившейся транспортной доступности на муниципальном уровне позволяет выделить три уровня районов по активности рекреационного природопользования (рисунок).

Средний уровень активности объединяет районы: Читинский, Агинский Бурятский автономный округ (АБАО), Карымский, Ононский, Нерчинский. С экономической точки зрения это целостное пространство с полифункциональным типом природопользования, где основным рынком и экономическим центром является г. Чита. В городе находятся основные учреждения основных существующих в стране банков, главные офисы организаций и представительств, живет около 1/3 всего населения края, что и дает городу роль основного рынка. Высокое качество, целебные свойства холодных углекислых, железистых, радоновых минеральных вод определяют рекреационную значимость территории. В числе объектов интереса санатории: Молоковка, Кука, Дарасун, лечебно-оздоровительный центр Карповка, зона пляжного отдыха (Ивано-Арахлейские озера). Перспективен интерес к использованию лечебных грязей и рапы высокого качества оз. Большое Гужирное, расположенного в зоне влияния г. Чита. Прослеживается тенденция актив-

Обеспеченность автомобильными дорогами с твердым покрытием

Регионы	Динамика					
	Удельный вес дорог (процентов)			Плотность дорог (км путей на 1000 кв. км территории)		
	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.
Россия	91,3	80,6	70,6	31	39	61
СФО	88,2	81,5	70,9	17	21	35
Забайкальский край	98,1	70,1	67,0	24	36	34
Республика Алтай	83,6	82,3	73,2	31	32	48
Бурятия	98,7	87,4	63,6	11	20	26
Алтайский край	87,2	87,2	66,6	86	91	221
Иркутская область	88,7	88,1	76,9	16	16	30

ного развития сети дачных и садово-огородных кооперативов вдоль линий железной и автомобильных дорог (федерального назначения). Развивается экологический и сельский туризм. Территория Агинского Бурятского автономного округа (АБАО) административно, географически, этнически обозначена (выделена). Небольшие размеры территории дают возможность путешествовать и знакомиться с округом за относительно короткий промежуток времени. В географическом отношении важна внутренняя организация системы туристских объектов. Объектами рекреационного интереса являются: национальный парк «Алханай», лечебно-оздоровительный источник Алханай (более 10 тыс. посетителей в год), Цугольский и Агинский дацаны, профилактории: Зымка и Угсахай, оз. Холбольджи, этнографическая деревня, туристическая база «Степная колыбель» на оз. Ножий, многочисленные памятники природы. Развиваются сельский, этнографический, ле-

чебно-оздоровительный, паломнический, культурно-познавательный виды туризма. Доля местных организаций на туристическом рынке составляет более 70%. Хорошие дороги с твердым покрытием, наряду с развитостью придорожного сервиса, способствуют повышению туристских прибытий. Поток посетителей в период отпусков составляет от 25 до 35 и более тыс. человек. Существует определенная неоднородность действующих экономических и инфраструктурных отношений в городской и сельской средах, обеспеченности маршрутами, связывающими объекты интереса. Удельный вес дорог с твердым покрытием на 1000 кв. км территории варьирует от 30,6 до 88,3 км, плотность автомобильных дорог общего пользования от 39,0 до 54,4 км. Для успешного развития необходимо, чтобы все факторы (готовность объектов туристского показа, транспортная и финансовая доступность, необходимый масштаб использования) сошлись воедино.



*Дифференциация районов*

Относительно низкий уровень активности наблюдается в районах с низкой транспортной доступностью, в ряде случаев сопряженной с труднодоступностью горно-таежных, в том числе северных территорий, с высоким рекреационным потенциалом (Кыринском, Каларском, Красночико́йском и др.). Удельный вес дорог с твердым покрытием варьирует от 5,3 до 28,0 км, плотность автомобильных дорог общего пользования от 1,5 до 40,5 км. Внутрирайонные автодороги чернощебеночные и гравийные, туристская инфраструктура не развита. В числе объектов устойчивого интереса: курортные местности и минеральные источники «Ямаровка» (известность с 1854 г., круглогодично использовался в работе санатория до 2003 г.), «Былыра», «Улурийские («Двенадцать Ключей»)), «Ямкун». Курортная местность «Былыра» и «Двенадцать Ключей» расположены в верховьях р. Кыра, абсолютная отметки от 1172 до 1320–1206 м. Вода наиболее высокотемпературного выхода минеральных вод используется для бальнеологических процедур, оборудована небольшая баня с одной ванной. Ванны принимаются без врачебного контроля. На источнике построено 8 деревянных домов, в зимний период постоянно занятых. Одновременно бывает 25–30 человек, заезд осуществляется через Былыринский источник по бездорожью (23 км) или по р. Кыра от с. Былыра, когда прекращается образование на реке наледей (начало марта). На источнике многочисленные благодарственные таблички, наиболее старые относятся к началу прошлого века [5]. Использование природных бальнеологических ресурсов на уровне муниципальных районов не учтено, не контролируется характер и последствия использования, что может привести к их утрате. Требуется защита минеральных лечебных вод источников от преждевременного истощения через включение их в состав ООПТ. Бальнеологические объекты могут рассматриваться в качестве резервного фонда развития муниципальных сообществ. Ледники хр. Кодар востребованы любителями экстремального туризма Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Самары и многих других городов. Группы туристов формируются и организуются за пределами Забайкальского края, оставляя доход в своих регионах, летом проходят 10–20 групп в месяц, в год количество туристов варьирует от 1500 тыс. человек. Бальнеологический и экстремальный туризм могут приобрести признаки организованного «нишевого» туризма, соответствующего новой нарождающейся экономике потребительского опыта (экономике впечатлений) [6]. Природная ку-

рортно-оздоровительная местность на базе минерального озера Ямкун вписывается в возможную функциональную модель туристского природопользования в бассейне р. Аргунь, наряду с природно-познавательным, экологическим и научным туризмом на особо охраняемых территориях биосферного заповедника «Даурский».

Районы с низким уровнем активности использования объединяют удаленные от краевого центра районы, в том числе приграничные. Они не имеют оцененных бальнеологических и рекреационно-туристических ресурсов. Доступность территории неоднозначна, удельный вес дорог с твердым покрытием на 1000 кв. км варьирует от 1,5 до 116,2 км, плотность автомобильных дорог общего пользования от 1,1 до 70,2 км, в зависимости от характера хозяйственного использования территории (горнодобывающие производства, сельское хозяйство, приграничные функции). Наблюдается низкая плотность рекреационных объектов, слабое взаимодействие в формировании транзитных цепочек использования.

### Выводы

Современная транспортная доступность не способствует развитию рекреационно-туристской составляющей. Низкая плотность рекреационных объектов в приграничной зоне не побуждает к взаимодействию в формировании транзитных возможностей использования.

Неконтролируемое использование бальнеологических объектов снижает эффективность их перспективного использования. Для защиты минеральных лечебных вод источников от преждевременного истощения и сохранения целесообразно включение их в ООПТ.

*Работа выполнена в рамках Проекта XI.174.1.8. по Программе ФНИ СО РАН на 2017–2020 гг.*

### Список литературы

1. Забайкальский край-2016 / Статистический сборник // Забайкалкрайстат. Чита, 2017. 311 с.
2. Александрова А.Ю. Новейшее представление о сфере туризма как системе // Современные проблемы сервиса и туризма. 2014. № 1. С. 24–38.
3. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики // Фонд экономической книги. М.: «НАЧАЛА», 1997. 127 с.
4. Регионы России. Социально-экономические показатели / Статистический сборник. М., 2016. 1326 с.
5. Замана Л.В., Аскарлов Ш.А. Физико-химические характеристики азотных термальных источников бассейна реки Кыра (Юго-Восточное Забайкалье) // Ученые записки Забайкальского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. Серия естественные науки. 2011. № 1 (36). С. 78–82.
6. Cooper C., Hall C.M. Contemporary tourism: an international approach. Butterworth-Heinemann – Oxford. 2008.

УДК 65:[338.4+664]

## ПУТИ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ МОДЕРНИЗАЦИИ АКТИВНОГО СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

**Пучков И.И.**

*ООО «АйСиЭл Сервисез», Новосибирск, e-mail: puchkov.ivan@yahoo.com*

В данной статье анализируются проблемы и особенности модернизации активного сетевого оборудования в условиях непрерывного производственного цикла. Под термином модернизация понимается усовершенствование или изменение, которое ведет к увеличению производительности предприятия. Ее необходимость обуславливается темпами роста нагрузки на оборудование, расширением производства, заменой устаревшего оборудования, не отвечающего потребностям, на новое или расширением возможностей существующих сетей. Рассмотрены основные проблемы, которые возникают при планировании модернизации сетевого оборудования в условиях непрерывного производственного цикла – работа предприятия в условиях 24/7, согласование и коммуникации с другими отделами и подрядными организациями. Данная статья посвящена детальному планированию работ, которое команда должна совершать. Подробно рассмотрены следующие пункты: планирование ресурсов, коммуникация с другими отделами, понимание командной цели модернизации, работа с дополнительными подрядчиками, покупка оборудования, выбор и расположение оборудования, предварительные работы, обязанность не ухудшить уже существующую инфраструктуру. В статье сделаны следующие выводы – короткие остановки надо планировать заранее, также команда должна понимать, какие именно работы она будет проводить, как, зачем и какими ресурсами модернизация будет осуществляться, иметь четко составленный план действий, дополнительно иметь запасной план. Также важно учитывать прошлые ошибки и исправлять их в будущем.

**Ключевые слова:** модернизация, сетевое оборудование, пищевая промышленность, модернизация активного сетевого оборудования

## WAYS TO MODERNIZE ACTIVE NETWORK EQUIPMENT IN CONTINUOUS FOOD PRODUCTION SYSTEM

**Puchkov I.I.**

*ICL Services, Novosibirsk, e-mail: puchkov.ivan@yahoo.com*

This article analyzes the problems and features of active network equipment modernization in a continuous food production system. The modernization is an improvement or change that leads to an increase productivity of the enterprise. Its necessity is caused by the growth rate of equipment load, expansion of production, replacement of outdated equipment. The main problems that arise when planning the modernization of network equipment in a continuous food production system – the work of the enterprise in a 24/7, coordination and communication with other departments and contractors. This article is devoted to the detailed planning of the work that the team should do. The following items are discussed in details: resource planning, communication with other departments, the team understanding of modernization objectives, working with additional contractors, purchase of equipment, selection and arrangement of equipment, preliminary work, not to degrade the existing infrastructure. In this article the following conclusions are made – short stops should be planned in advance, the team should also understand what kind of work they need to perform, how, why and what resources the modernization will require, have a clearly drawn up action plan, in addition to have a backup plan. It is also important analyze past mistakes and correct them in the future.

**Keywords:** modernization, network equipment, food production, active network equipment modernization

Тема, которую затрагивает данная публикация, является исключительно актуальной, поскольку в настоящий момент практически на любом предприятии, независимо от его масштаба, все сетевые устройства объединены в вычислительные сети, потому как совместная обработка и использование информации всеми сотрудниками позволяет более эффективно планировать и осуществлять деятельность организации. Более того, информатизация и автоматизация практически всех производственных и бизнес-процессов значительно повышает производительность и в целом удобство использования информации. И с ростом производительности предприятия оно нуждается и в повы-

шении производительности вычислительной сети и, как следствие, её дальнейшей циклической модернизации [1].

Модернизация сетевого оборудования в условиях непрерывного производственного цикла предприятия имеет свои особенности и проблемы. Для того чтобы их рассмотреть, необходимо определить, какие именно особенности работы оборудования существуют в конкретно заданных условиях.

Основная специфика работы сетевого оборудования состоит в том, что устройства должны работать непрерывно, а также они не должны давать сбоев, которые могут отразиться на производственном процессе, иначе любая подобная остановка

влечет за собой простой и потерю прибыли предприятия.

Под термином модернизация понимается усовершенствование или изменение, которое ведет к увеличению производительности предприятия. Необходимость модернизации обуславливается темпами роста нагрузки на оборудование, расширением производства, заменой устаревшего оборудования, не отвечающего потребностям, на новое или расширением возможностей существующих сетей. А основные цели, которые преследует предприятие, состоят в том, чтобы улучшить производительность станков, производительность труда и самое главное – увеличить прибыль.

Уже во время строительства завода должно быть понимание того, как в дальнейшем будет производиться обновление и усовершенствование любого оборудования. Поэтому ещё при проектировании предприятия необходимо учитывать и продумывать все нюансы того, как в дальнейшем оборудование будет эксплуатироваться, в том числе заранее нужно предусмотреть, какие могут возникнуть проблемы.

Рассмотрим основные проблемы, которые возникают при планировании модернизации сетевого оборудования в условиях непрерывного производственного цикла:

#### 1. Работа предприятия в условиях 24/7.

Объединение нескольких технологических процессов в один участок, цех, либо предприятие. Такой способ производства характерен и для пищевой промышленности. Предприятие, работающее этим способом производства, получает ряд существенных плюсов: сокращение время производства, рост производительности труда, эффективное использование основных фондов, ускорение оборачиваемости оборотных средств. И за счет модернизации непрерывное производство значительно может расширяться.

Так как производственный процесс происходит непрерывно, то все работы, связанные с модернизацией, будут проходить в короткие отрезки времени с чётко определёнными рамками. И все изменения, которые будут производиться, необходимо детально планировать и согласовывать заранее. Также основательно продумывать, какие именно действия будут производиться во время остановки, какими ресурсами, сколько времени потребуется на эти работы. Дополнительно нужно определить критические точки в работе инфокоммуникационных систем и сетевого оборудования и проработать методы и активности, которыми необходимо руководствоваться, если в ходе реализации проекта возникнут сложности. Очень важным пунктом в модернизации яв-

ляется план возврата к предыдущей схеме работы в короткий срок.

2. Согласование и коммуникации с другими отделами и подрядными организациями.

Распространение информации о проекте по модернизации предприятия, разъяснение его целей и значений позволяет на ранних стадиях выявить сторонников и противников предстоящих изменений. На практике это значительно облегчает работу руководителя проекта в будущем, при наборе команды проекта или при составлении плана коммуникаций. Для эффективного обмена информации между людьми, которые так или иначе оказывают влияние на проект, необходимо руководствоваться несколькими принципами:

- определить круг людей, между которыми будут проводиться коммуникации. Обязательно включить в этот список тех, на которых так или иначе могут повлиять планируемые работы;

- договориться, что есть коммуникация «официальная», а есть «в рабочем порядке»;

- обозначить, какие документы и как часто и кем будут выпускаться;

- определить, кто, в какие сроки их рассматривает и как принимаются к ним замечания;

- установить, в каких случаях необходимо будет писать официальные письма;

- обязательно звонить участникам проекта по модернизации и напоминать о документах и сроках;

- необходимо писать короткие сообщения по e-mail о том, что было устно оговорено на площадке или при личной встрече;

- установить, как часто будут проводиться встречи, вестись протоколы этих встреч, отслеживать выполнение решений, отраженных в протоколах.

Также необходимо применять принципы методики бережливого производства, это поможет сократить потери, ими можно считать любые затраты, которые не участвуют в создании ценности продукта [2]. Поскольку непроизводительная затрата это все то, что не увеличивает потребительскую ценность, то первый шаг в ликвидации подобных затрат состоит в том, чтобы понять, что собой представляет потребительская ценность. Следующий шаг состоит в том, чтобы научиться распознавать потери. Под этим понятием имеется в виду все, что не дает заказчику получить то, что ему необходимо, в правильном месте и в нужное время. Любые действия, которые направлены не на то, чтобы наиболее полным образом удовлетворить требования заказчика, являются источником непроизводительных затрат. Сюда же можно отнести любую задержку выполнения заказа.

Для того чтобы ликвидировать подобные затраты, прежде всего необходимо их выявить. В производстве источником непроизводительных затрат являются запасы (деталей, узлов и материалов), которыми необходимо управлять (перемещать, складировать, вести их учет и т.п.). Это связано не только с затратами времени и усилий, но также увеличивает сложность процесса – важный фактор роста стоимости. Запасы (деталей, узлов и материалов) теряются, устаревают, скрывают в себе проблемы с качеством и умертвляют вложенные средства [3].

Необходимо определить семь типов потерь при модернизации:

1. Перепроизводство (Экстрафункциональность).
2. Излишние запасы (Требования).
3. Излишняя обработка (Дополнительные шаги разработки).
4. Ненужные перемещения (Поиск информации).
5. Выпуск дефектной продукции (Баги, ошибки).
6. Ожидание (Ожидание решений, ожидание клиентов).
7. Ненужная транспортировка (Передача проекта, требований, знаний, развертывание систем) [4].

Каждый участник команды должен активно пытаться исключить потери, которые обычно присутствуют на всех этапах модернизации. Также необходимо создавать культуру постоянного совершенствования, так как процесс модернизации цикличен, то при каждой новой итерации необходимо учитывать прошлые ошибки и исправлять их. Поскольку процессы разработки повторяются, можно применять цикл Шухарта – Деминга. Он предлагает следовать принципу: Пла-

нирование – Выполнение – Проверка – Воздействие (Plan-Do-Check-Act (PDCA) Plan) (рисунок).

– Plan (Планирование): установление целей и процессов, планирование работ по достижению целей процесса и удовлетворения потребителя, планирование выделения и распределения необходимых ресурсов.

– Do (Выполнение): выполнение запланированных работ.

– Check (Проверка): сбор информации и контроль результата, полученного в ходе выполнения процесса, выявление и анализ отклонений, установление причин отклонений.

– Act (Воздействие – управление, корректировка): принятие мер по устранению причин отклонений от запланированного результата, изменение в планировании и распределение ресурсов.

Еще один важный момент, заслуживающий отдельного упоминания, – это необходимость внедрить методологию анализа и решения проблем во всей организации. Дело в том, что, когда большая часть становится ясна для многих специалистов, подавляющее большинство проблем любой организации находится на стыках между функциональными структурами. Это означает, что для решения таких проблем нужно собирать межфункциональную команду специалистов. И когда в состав команды будут входить инженер, технолог, бухгалтер, кладовщик и т.п. – представьте себе, сколько времени они потратят просто на то, чтобы договориться о способах подхода к анализу проблемы. Ничего подобного не случится, если в организации все будут обучены одному и тому же подходу, т.е. неважно, как он будет называться, важно, чтобы все сотрудники при анализе проблем разговаривали на одном языке [5].



Планирование – Выполнение – Проверка – Воздействие (Plan-Do-Check-Act (PDCA) Plan)

При планировании работ команда должна руководствоваться следующими пунктами:

– Планирование ресурсов.

Сложные работы, которые требуют тщательного планирования, стоит делить на отрезки. Все участники должны собираться и обсуждать все этапы и сообщать об изменениях. Каждый в команде должен осознавать, что он заинтересованное лицо и у каждого есть своя зона ответственности, поэтому каждый должен прорабатывать свой участок. Все должны включаться в обсуждение и вносить коррективы в план, а также проводить проверку друг за другом. Все участники команды работают ради достижения результата и должны понимать, что все проверки друг за другом проводятся ради достижения результата, а не ради проверки.

– Коммуникация с другими отделами.

Механики, электрики тоже могут проводить свои запланированные работы в то же самое время, поэтому важно проводить коммуникации, чтобы работы не пересекались.

– Понимание командных целей модернизации.

Например: изменение топологии сети, добавление инфокоммуникационных услуг, либо сокращение энергозатрат.

– Работа с поставщиками.

При заказе оборудования и материалов одним из важнейших показателей является срок поставки, поэтому сформировать список закупаемого оборудования необходимо в начальных стадиях планирования.

– Работа с дополнительными подрядчиками.

Необходимо заранее вовлекать в процесс подрядчиков, чтобы они планировали свои выезды и работы.

– Покупка оборудования.

Прежде чем планировать закупку оборудования, необходимо в первую очередь произвести расчеты в новой схеме работы и анализ уже существующего оборудования. Необходимо понимать, что замена одного вида оборудования может повлечь за собой и конфигурирование другого, либо его полную замену.

– Выбор и расположение оборудования.

Прежде чем планировать закупку оборудования, необходимо в первую очередь произвести расчеты в новой схеме работы и анализ уже существующего оборудования. Необходимо понимать, что замена одного вида оборудования может повлечь за собой либо переконфигурирование другого, либо его полную замену. При проектировании сетевой инфраструктуры предприятия оборудование нужно устанавливать с учетом расположения оборудования АСУТП

(автоматизированная система управления технологическим процессом), либо другого оборудования, которому требуется доступ к инфокоммуникационным ресурсам предприятия. Располагать сетевое оборудование на территории предприятия нужно также с учетом будущих модернизаций инженерного отдела. Есть ряд факторов при проектировании места расположения коммутаторов и другого активного и пассивного сетевого оборудования:

1. Размеры помещения, стандарты модернизируемой сети (с учетом внутренних стандартов ИТ отдела, обычно при проектировании производственной сетевой инфраструктуры ИТ отдел закладывает дополнительный запас прочности по протяженности кабельной трассы).

2. Ориентация на уже существующие кабельные трассы.

3. Выбор подключений с учётом топологии сети.

4. Выбор коммутаторов и другого коммутационного оборудования с учётом того, что количество устройств в сети будет увеличиваться.

5. Рассмотрение замены и покупки сопутствующего оборудования (шкафы и стойки, источники бесперебойного питания, кондиционеры) [6].

– Предварительные работы.

Продумать заранее, какие работы можно произвести без остановки производства, например можно заранее провести кабельную трассу или поставить шкаф.

– Не ухудшить уже существующую инфраструктуру.

Должно быть понимание того, что планируемые изменения не должны ухудшить существующую инфраструктуру. А планируемые перемены необходимы для повышения надежности всей сети, а не наоборот. Этот пункт очень важен для понимания, т.к. изменения, вносимые в инфраструктуру, могут негативно сказаться на работе оборудования, либо на всём предприятии в целом [7].

### Заключение

При планировании модернизации необходимо руководствоваться следующими важными принципами. Короткие остановки надо планировать заранее, также команда должна понимать какие именно работы она будет проводить и зачем, как и какими ресурсами модернизация будет осуществляться, иметь четко составленный план действий, дополнительно иметь запасной план, на случай если что-то пошло не так, и учитывать большую вероятность того, что есть возможность не успеть завершить

планируемые работы. Важно иметь план отката. Предприятие делает подобные остановки достаточно редко, и поэтому каждый в команде должен четко понимать свои конкретные задачи, которые он должен выполнить, и понимать свою зону ответственности, иначе, если работы будут сорваны, то все изменения переносятся на следующий перерыв в работе предприятия и, возможно, будут изменены вводные и план модернизации потребуются переделывать. Изменения должны проводиться с целью сделать структуру безопаснее и надежнее, производительность станков и труда должна увеличиваться, именно с этим подходом должны совершаться какие-то действия. Необходимо понимать, что модернизация – это циклический процесс, поэтому важно учитывать прошлые ошибки и исправлять их. Продумывать запасные планы и брать время с запасом, потому что невозможно продумать абсолютно все и предсказать все непредвиденные ситу-

ации, а также необходимо учитывать то, что что-то может уйти от взора.

#### Список литературы

1. Бедняк С.Г., Зверев Е.В. Модернизация локальной вычислительной сети // Аллея науки. 2018. № 2. С. 755–758.
2. Чугреев В.Л. Бережливая разработка программного обеспечения // Молодой ученый. 2015. № 8. С. 156–159.
3. Поппендик М., Поппендик Т. Бережливое производство программного обеспечения: от идеи до прибыли: пер. с англ. М.: Вильямс, 2010. 45 с.
4. Лужанский И. Бережливая разработка программного обеспечения // Leaninfo 2009. № 8. С. 2. URL: <http://www.leaninfo.ru/2009/03/26/lean-software-development> (дата обращения: 19.08.2018).
5. Адлер Ю.П., Хунузиди Е.И., Шпер В.Л. Методы менеджмента качества. 2005. № 3. С. 4 URL: [https://iteam.ru/publications/quality/section\\_57/article\\_2253](https://iteam.ru/publications/quality/section_57/article_2253) (дата обращения: 19.08.2018).
6. Айвенс К. Компьютерные сети. Хитрости. М.: ИТ Пресс, 2016. 298 с.
7. Поляк-Брагинский А.В. Локальные сети. Модернизация и поиск неисправностей. 2 изд. СПб.: Изд-во «БВХ-Петербург», 2009. 832 с.

УДК 613:616-085

## ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИК АРТ-ТЕРАПИИ, ОЦЕНКА ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ И РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

<sup>1</sup>Семенова Н.В., <sup>1</sup>Вяльцин А.С., <sup>1</sup>Исаева К.А., <sup>2</sup>Щерба Е.В., <sup>1</sup>Кошелева И.И.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Омск, e-mail: natali1980-07-21@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»,  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

Социально-гигиеническим аспектом в проведении музыкотерапии является доказанное полезное влияние классической музыки на психику человека и благотворное влияние музыки на профилактику психических обострений у детей, что является основополагающим фактором для повсеместного проведения музыкотерапии в коррекционных школах. Занятия должны быть организованными, регулярными, учитывать индивидуальные особенности учащегося. Данные Федеральной службы государственной статистики говорят о низком внедрении музыкотерапии, эффективность которой доказана научными исследованиями, что тормозит процесс социализации детей с ограниченными возможностями здоровья. При применении музыкотерапии в сочетании с художественной терапией и с использованием списка композиторов, которые отмечены в научных исследованиях, отмечено улучшение показателей коррективной пробы (концентрация внимания) и объективное повышение интереса к занятию, улучшение психического состояния обучающихся. Необходима разработка индивидуальных методик художественной терапии совместно с музыкотерапией для более эффективного использования среди детей с задержкой психического развития (ЗПР), интеграция с психологами, педагогами, медицинскими работниками коррекционных образовательных учреждений для лучшего понимания психики обучающихся, взаимодействия с ними в процессе проведения терапии, интерпретации рисунков учащихся и результатов проб.

**Ключевые слова:** музыкотерапия, здоровье детей, дети с задержкой психического развития, профилактика, работоспособность

## HYGIENIC SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF ART-THERAPY METHODS, EVALUATION OF THEIR INFLUENCE ON HEALTH AND DEVELOPMENT OF CHILDREN WITH DISABLED HEALTH OPPORTUNITIES

<sup>1</sup>Semenova N.V., <sup>1</sup>Vyaltsin A.S., <sup>1</sup>Isaeva K.A., <sup>2</sup>Shcherba E.V., <sup>1</sup>Kosheleva I.I.

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution of Higher Education «Omsk State Medical University»

of the Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, e-mail: natali1980-07-21@mail.ru;

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Institution of Higher Education «St. Petersburg State Pediatric Medical University», Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg

The socially-hygienic aspect in conducting music therapy is the proven useful effect of classical music on the human psyche and the beneficial influence of music on the prevention of mental exacerbations in children, which is a fundamental factor for the widespread conduct of music therapy in correctional schools. Classes should be organized, regular, take into account the individual characteristics of the student. The data of the Federal State Statistics Service indicate a low introduction of music therapy, the effectiveness of which has been proved by scientific research, and inhibits the process of socialization of children with disabilities. When using music therapy in combination with art therapy and using a list of composers that are noted in scientific research, improvement in the parameters of the proof-reading test (concentration of attention) and objective increase of interest in the activity, improvement of the mental state of students are noted. It is necessary to develop individual methods of art therapy in conjunction with music therapy for more effective use among children with mental retardation, integration with psychologists, teachers, medical staff of correctional educational institutions for a better understanding of the psyche of students, interaction with them in the process of therapy, interpretation of drawings students and sample results.

**Keywords:** music therapy, children's health, children with mental retardation, prevention, work capacity

Психика является наиважнейшей частью восприятия окружающего мира, которая способствует выживанию и адаптации человека в обществе, особенно в детском возрасте, когда процесс восприятия особенно обострен. К сожалению, проблемы с психикой не обходят стороной и детское население, и они имеют колоссальное значение в их жизни, мешая развиваться, гармонично взаимодействовать с социумом, что требу-

ет особого подхода в работе с ними от педагогов и медицинских работников [1, 2]. Для того чтобы увеличить эффективность проводимых оздоровительных мероприятий и особой организацией учебного процесса, необходимо обратиться к искусству, ведь не что иное, как искусство, помогает стабилизировать чуткую детскую психику, определяет их саморазвитие и мироощущение, а также формирует навыки (такие, как

мелкая моторика кистей рук, музыкальный слух и так далее) [3, 4]. Социально-гигиеническим аспектом в проведении музыкотерапии является доказанное полезное влияние классической музыки на психику человека и благотворное влияние музыки на профилактику психических обострений у детей, что является основополагающим фактором для повсеместного проведения музыкотерапии в коррекционных школах 7 вида. Занятия должны быть организованными, регулярными, учитывать индивидуальные особенности учащегося [5].

Цель исследования: оценить уже имеющиеся методики арт-терапии для детей с задержкой психического развития, разработать комплексную программу музыкальной терапии для данной категории обучающихся.

Задачи исследования:

1. Поиск и анализ известных методик арттерапии (в частности, музыкотерапии), оценка их актуальности и эффективности на сегодняшний день.

2. Разработка новой методики музыкотерапии, которая способствует улучшению состояния детей в настоящее время, а также будет отвечать индивидуальным особенностям их психики.

#### Материалы и методы исследования

Изучены данные официального сайта Федеральной службы государственной статистики по положению инвалидов: о численности детей-инвалидов в возрасте до 18 лет в 2016 г. (по данным Пенсионного фонда Российской Федерации), о посещаемости дополнительных занятий детьми-инвалидами, обучающихся в образовательных учреждениях в 2014–2015 гг. (форма № 1-ДОП «Сведения о дополнительном образовании и спортивной подготовке детей»). Используемый метод – естественный гигиенический эксперимент. Осуществлена выборка из 45 детей (болезнь Дауна, аутизм и пр.), обучающихся во 2–3 классах коррекционной школы для детей с задержкой психического развития, изучено их здоровье (в частности, физическое развитие и заболеваемость) по данным медицинских карт (форма 026/у – 2000). Внедрен пятидневный сеанс музыкотерапии в сочетании с художественной терапией.

*Описание эксперимента.* Детям было предложено под музыку нарисовать цветными карандашами любые образы, связанные со звучащей музыкой. Общая продолжительность – 10–15 минут, включая проведение корректурной пробы Бурдона до и после занятия. Были использованы произведения следующих композиторов: П.И. Чайковского, К. Дебюсси, Ф. Шопена, А. Вивальди, К. Сен-Санса, В.А. Моцарта.

Произведены подсчет и сравнение результатов корректурной пробы Бурдона до и после проведения эксперимента.

#### Результаты исследования и их обсуждение

По данным ВОЗ (2001), в мире распространенность умственной отсталости нахо-

дилась в диапазоне 2,5–3,0% от населения всех возрастов.

В России в 2002 г. было зарегистрировано 658 100 детей-инвалидов и 155 детских домов-интернатов для детей с недостаточным интеллектуальным развитием. Среди основных заболеваний, приводящих к инвалидности, 20,3% составляли психические расстройства и расстройства поведения, из которых 72,1% приходилось на долю умственной недостаточности и аномалий развития.

Для детей, воспитывающихся в семьях, имелись социально-реабилитационные центры и отделения реабилитации при центрах социального обслуживания, вместе с тем 29 000 детей-инвалидов с психическими расстройствами воспитывались в специальных домах интернатах, для которых данные реабилитационные мероприятия ограничены, малодоступны или вообще недоступны.

По данным Федеральной службы государственной статистики в 2016 г. на территории Российской Федерации проживало 616905 детей-инвалидов, из них в возрасте 9–15 лет посещали общеобразовательные учреждения 72,2%, в 2014–2015 гг. обучались музыке – 16,3% из общего числа нуждающихся в дополнительных занятиях для повышения уровня подготовки (68,2%). Такое число объясняется главным образом состоянием здоровья ребенка (38,5%). По состоянию на 2016/2017 учебный год нуждались в дополнительных занятиях для повышения уровня подготовки 50,3%, из них обучались музыке 10,9%. Главной из причин столь небольшого числа посещающих занятия музыкой так же остается состояние здоровья ребенка (59,9%) (таблица).

Нами был проведен анализ заболеваемости детей-инвалидов (с задержкой психического развития), посещавших коррекционное образовательное учреждение. В ходе анализа заболеваемости было выявлено, что лидирующими группами заболеваний у данной группы обучающихся являются болезни нервной системы (G) (25% от общей структуры заболеваемости), симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках (R) (22% от общей структуры заболеваемости) и психические заболевания (F) (19% от общей структуры заболеваемости). Также встречались врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения (Q), болезни глаза и его придаточного аппарата (H00-H59), болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (M) и другие группы заболеваний (рис. 1).

Посещение дополнительных занятий детьми-инвалидами, обучавшимися в общеобразовательных организациях в 2014–2015 и 2016–2017 уч. г. (по данным выборочного наблюдения качества и доступности услуг в сферах образования, здравоохранения и социального обслуживания, содействия занятости населения, в процентах)

Из числа детей-инвалидов, обучавшихся в общеобразовательной организации в 2014/2015 учебном году, нуждающихся в дополнительных занятиях для повышения уровня подготовки	2014–2015 гг.	2017 г.
по причинам непосещения необходимых дополнительных занятий		
таких образовательных организаций по месту жительства не имеется	11,1	17,2
в таких образовательных организациях нет свободных мест	0,6	0,8
нет возможности сопровождать ребенка на занятия	13,6	12,9
ограниченные возможности из-за отсутствия денежных средств	10,5	10,9
у ребенка нет желания	6,7	15,5
у ребенка нет возможности по состоянию здоровья, опасаемся перегрузки	38,5	59,9
по другим причинам	36,2	3,8

- болезни нервной системы (G)
- симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках (R)
- психические заболевания (F)
- психические заболевания (Q)
- болезни глаза и его придаточного аппарата (H00-59)
- болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (M)
- Другие группы заболеваний

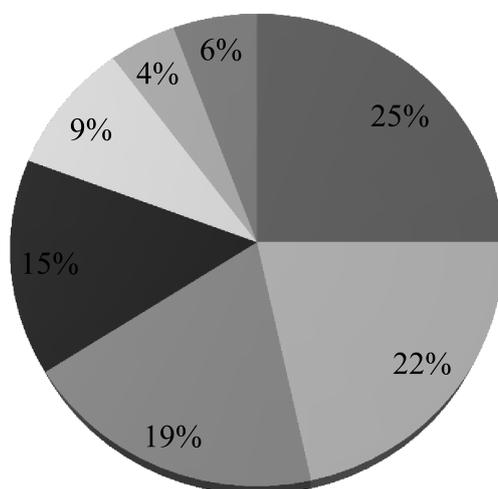


Рис. 1. Структура заболеваемости учащихся 2–3 классов коррекционной школы (код по МКБ-10)

В частности, наиболее частой патологией является дизартрия (код по МКБ-10 R47.1) – выявлена более чем у 50% обучающихся. Дизартрия – расстройство произносительной организации речи, связанное

с поражением центрального отдела речедвигательного анализатора и нарушением иннервации мышц артикуляционного аппарата. Среди детей распространенность дизартрии составляет 3–6%, однако в последние годы

прослеживается выраженная тенденция к росту данной речевой патологии.

На занятиях по коррекции дизартрии осуществляется развитие мелкой моторики (пальчиковая гимнастика), моторики речевого аппарата (логопедический массаж, артикуляционная гимнастика); физиологического и речевого дыхания (дыхательная гимнастика), голоса (ортофонические упражнения); коррекция нарушенного и закрепление правильного звукопроизношения; работа над выразительностью речи и развитием речевой коммуникации.

Как дополнение к основному лечению и методам коррекции мы предположили, что использование музыкотерапии будет эффективно для улучшения основных показателей работоспособности в течение кор-

рекционных занятий у детей с задержкой психического развития.

До и после прослушивания произведений П.И. Чайковского, К. Дебюсси, Ф. Шопена, А. Вивальди, К. Сен-Санса, В.А. Моцарта нами осуществлялось наблюдение за работоспособностью детей.

При проведении коррективной пробы Бурдона до и после сеанса музыкотерапии наилучшие изменения показателей концентрации внимания наблюдались после работы с произведением А. Вивальди «Времена года: Весна» – у 76,5% испытуемых (рис. 2), а самые худшие изменения пробы – после работы с произведением В.А. Моцарта «Маленькая ночная серенада» – положительные изменения отмечены только у 21,43% испытуемых (рис. 3).

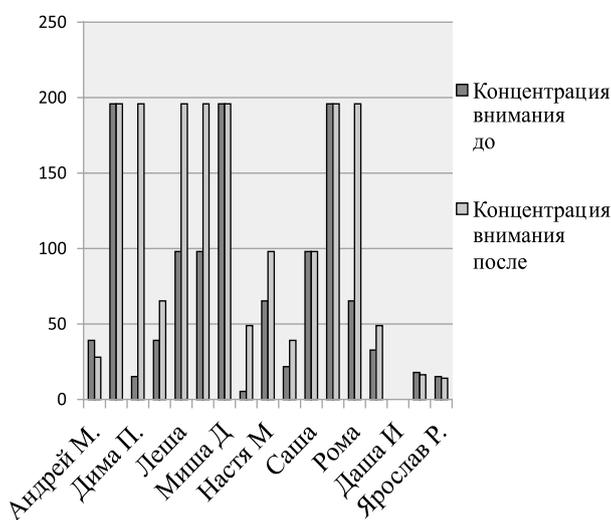


Рис. 2. Изменение концентрации внимания под влиянием произведения А. Вивальди, «Времена года: Весна»

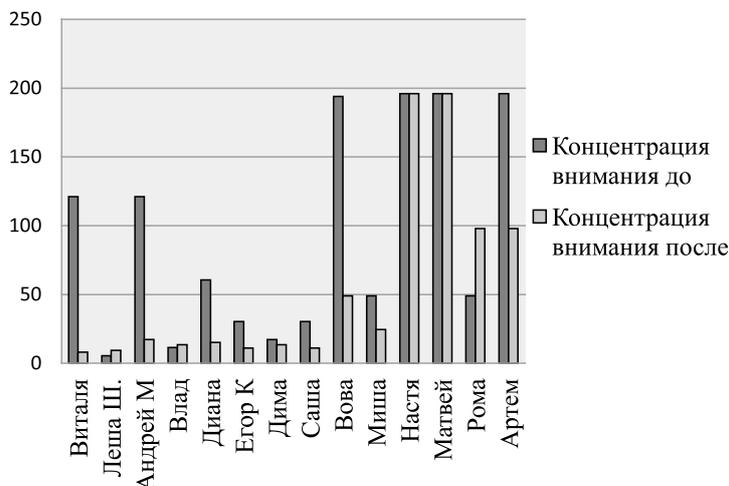


Рис. 3. Изменение концентрации внимания под влиянием произведения В.А. Моцарта «Маленькая ночная серенада»

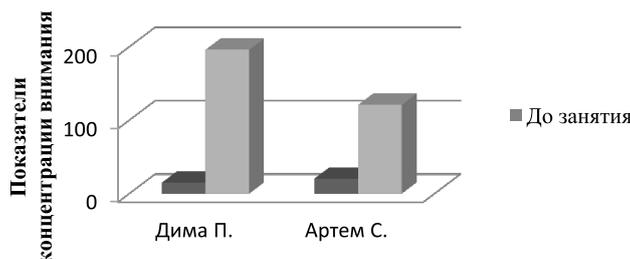


Рис. 4. Наилучшие результаты корректурной пробы Бурдона на концентрацию внимания у мальчиков

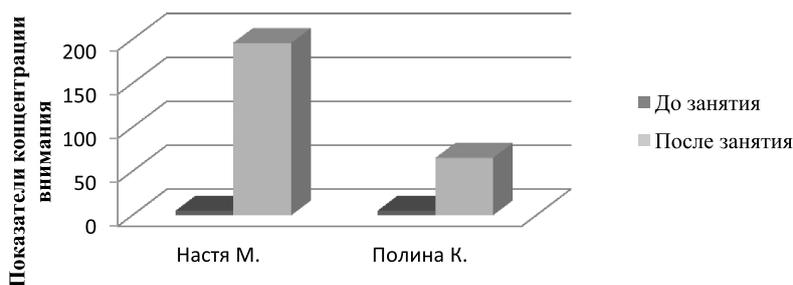


Рис. 5. Наилучшие результаты корректурной пробы Бурдона на концентрацию внимания у девочек

Наилучшие изменения показателей концентрации внимания при проведении корректурной пробы Бурдона среди мальчиков получены у Димы П. (15,08 до, 196 после) и у Артема С. (20,7 до, 121 после) (рис. 4), среди девочек – у Полины К. (5,3 до, 65,3 после) и Насти М. (5,3 до, 196 после) (рис. 5).

Объективно у обучающихся после проведения эксперимента отмечались улучшения психического состояния (облегчение коммуникации, повышение настроения, проявление более активного интереса к занятию), они становились более внимательными и сосредоточенными во время проведения корректурной пробы Бурдона. Снижение показателей концентрации внимания у части группы обучающихся на фоне общего улучшения показателей возникало предположительно по причине антипатии к исполняемой музыке (не нравится музыкальный инструмент на аудиозаписи, произведение), что требует более точного подбора музыкального материала.

Сеансы музыкотерапии позволяют создать условия для эмоционального диалога часто даже в тех случаях, когда другие способы исчерпаны. Контакт с помощью музыки безопасен, ненавязчив, индивидуализирован.

### Выводы

Данные статистики говорят о низком внедрении музыкотерапии, эффективность которой доказана научными исследованиями, что тормозит процесс социализации детей с ограниченными возможностями здоровья. При применении музыкотерапии в сочетании с художественной терапией и с исполь-

зованием списка композиторов, которые отмечены в научных исследованиях, отмечено улучшение показателей корректурной пробы (концентрация внимания) и объективное повышение интереса к занятию, улучшение психического состояния обучающихся.

Нами предлагается внедрение занятий музыкотерапией в сочетании с другими видами арт-терапии вне учебного процесса с использованием музыки А. Вивальди, а также:

1) разработка индивидуальных методик художественной терапии совместно с музыкотерапией для более эффективного использования среди детей с ЗПР;

2) интеграция с психологами, педагогами, медицинскими работниками коррекционных образовательных учреждений для лучшего понимания психики обучающихся, взаимодействия с ними в процессе проведения терапии, интерпретации рисунков учащихся и результатов проб.

### Список литературы

1. Щерба Е.В. Гигиеническая оценка здоровья и реабилитации школьников с нарушениями слуха: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Омск, 2004. 18 с.
2. Маренко В.А., Дедюлина Н.В. Системный подход к статистическому анализу медицинской информации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 10. С. 45–48.
3. Дегальцева В.А., Кудилова А.А. Арт-терапия как средство коррекции страхов у детей с ОВЗ // Концепт. 2017. Т. 29. С. 243–245.
4. Ибрагимова Г.Г., Муратова М.А. Нетрадиционные технологии в коррекционно-педагогической работе с обучающимися, воспитанниками с задержкой психического развития // Проблемы современной науки и образования. 2015. № 7 (37). С. 160–164.
5. Копытин А.И., Свистковская Е.Е. Арт-терапия детей и подростков. М.: «Когито-Центр», 2014. 197 с.

УДК 94:39(575.2)

**АРЕАЛ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КУЛЬТУРЫ ЕНИСЕЙСКИХ КЫРГЫЗОВ****Кожобеков М.Ч.***Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: k\_murat2001@mail.ru*

В статье рассматриваются некоторые направления распространения культуры енисейских кыргызов в период их Великодержавия. Факт переселения енисейских кыргызов из Южной Сибири в соседние территории подтверждают как письменные источники, так и археологические находки. Вызванный процесс был продолжением политической активности кыргызов, когда основная масса жителей Минусинской котловины хлынула на просторы Центральной Азии. В результате был изменен не только культурный фон, но и оставлен заметный след в материальной культуре кочевого мира. Такие яркие особенности культуры, как трупосожжение и элементы сопроводительного инвентаря, позволяют выделить локальные варианты культуры енисейских кыргызов среди мозаичной этнической панорамы данного региона. Для освещения проблемы нами выбраны восточно-казахстанский, алтайский и красноярско-канский ареалы распространения культуры енисейских кыргызов. В каждом из них имеются признаки культуры кыргызов, аналогичные региону Минусинской котловины. Погребения енисейских кыргызов, найденные около Красноярска, были открыты в Большемурутинском районе Красноярского края и извлечены вещи с кыргызским инвентарем. Тухтятские курганы зафиксированы в Новосибирской и Кемеровской областях. В районах Кемеровской области найдено несколько «кыргызских ваз», что подтверждает продвижение енисейских кыргызов в IX-X вв. в северо-западном направлении. Обнаруженные и обследованные в различных районах Горного и Западного Алтая археологические памятники с обрядом трупосожжения и предметами сопроводительного инвентаря покойников свидетельствуют о пребывании кыргызов в данном регионе. Восточно-казахстанский вариант культуры очень близок к захоронениям енисейских кыргызов в Туве.

**Ключевые слова:** енисейские кыргызы, Кыргызский каганат, Минусинская котловина, культура, трупосожжение, курганы, археологические находки, сопроводительный инвентарь

**AREA OF DISTRIBUTION OF THE CULTURE OF THE YENISEI KYRGYZS****Kozhobekov M.Ch.***Kyrgyzstan-Turkey Manas University, Bishkek, e-mail: k\_murat2001@mail.ru*

In the article some directions of the culture of the Yenisei Kyrgyz are considered in the period of their «Great Power». The fact of resettlement of the Yenisei Kyrgyz from South Siberia to neighboring territories is confirmed, as well as written sources, as well as archaeological finds. The evoked process was a continuation of the political activity of the Kyrgyz, when the bulk of the inhabitants of the Minusinsk hollow swept across the expanses of Central Asia. As a result, not only the cultural background was changed, but also a notable trace in the material culture of the nomadic world was left. Vivid features of culture, such as the dead bodies of the deceased and the elements of the accompanying inventory, make it possible to single out local variants of the culture of the Yenisei Kyrgyz among the various ethnic mosaic panoramas. To highlight the problem, we have chosen the East Kazakhstan, Altai and Krasnoyarsk-Kan areas for the spread of the culture of the Yenisei Kyrgyz. In each of them, there are signs of a Kyrgyz culture similar to the region of the Minusinsk Basin. Burials of the Yenisei Kyrgyz found near Krasnoyarsk were discovered in the Bolshemurtinsky district of the Krasnoyarsk Territory and items were taken from the Kyrgyz artillery. Tyukhtayskie mounds are recorded in the Novosibirsk and Kemerovo regions. In the Kemerovo region, several «Kyrgyz vases» have been found, which confirms the progress of the Yenisei Kyrgyz in the 9th-10th centuries. in the northwestern direction. Discovered and surveyed in various areas of the Mountainous and Western Altai archaeological sites with a ritual of burning and items of accompanying equipment of the dead show the presence of Kyrgyz in the region. The East-Kazakh variant of culture, by analogy, is very close to the burial of the Yenisei Kyrgyz in Tuva.

**Keywords:** Yenisei Kyrgyz, Kyrgyz Kaganate, Minusinsk hollow, fagot, cremation, barrows, archaeological finds, accompanying inventory

В результате военно-политического подъема в середине IX в., культура енисейских кыргызов распространяется за пределы Южной Сибири. Обычно исследователи, учитывая дальнейшее переселение кыргызов с Енисея на Тянь-Шань, обращают особое внимание на юго-западный маршрут их передвижения. Тем не менее освоение кыргызами сопредельных земель имело место не только на территории Монголии и Восточного Туркестана, но и в северо-западном направлении.

Цель исследования: воссоздать масштабы распространения культуры енисейских

кыргызов на примере восточно-казахстанского, алтайского и красноярско-канского вариантов.

**Материалы и методы исследования**

В ходе исследования были использованы материалы советских и российских археологов. Сопоставления их с данными письменных памятников дают возможность восстановить реальную картину распространения культуры енисейских кыргызов. Методологической основой исследования явились принцип историзма и научная объективность, а также использование сравнительно-сопоставительного метода дало возможность более эффективно систематизировать полученную информацию.

### Результаты исследования и их обсуждение

Как письменные источники, так и археологические находки подтверждают переселение енисейских кыргызов на завоеванные ими территории. Первый известный памятник енисейских кыргызов IX–X вв. найден у д. Тюхтяты на р. Казыре в Хакасии. Они встречаются и далеко за пределами Минусинской котловины. Наиболее показательным элементом Тюхтятской культуры енисейских кыргызов является погребальный обряд. Так, труп покойника сжигали, остатки через год переносили на место погребения, где помещали в могильную яму, затем сооружали курган юртообразной формы. Китайский автор об этом пишет: «При похоронах не царапают лиц, только обвертывают тело покойника в три ряда и плачут, а потом сжигают его, собранные кости через год погребают. После сего в известные времена производят плач» [1, с. 264]. В курганах енисейских кыргызов встречаются одно, иногда до четырех сожженных тел. Вместе со взрослыми, хотя и редко, путем трупосожжения хоронили младенцев и малолетних детей [2, с. 215–222].

Археолог Д.Г. Савинов считает, что погребение енисейских кыргызов в IX–X вв. с трупосожжением следует «рассматривать как этнический признак данной культуры по всей территории ее распространения». Он выделяет пять локальных регионов их материальной культуры, среди которых нас интересует восточно-казахстанский, алтайский и красноярско-канский. В последнем обнаружены погребения енисейских кыргызов около Красноярска: захоронения с трупосожжением и кыргызским инвентарем были открыты в Большемуртинском районе Красноярского края и в области проживания своих прежних «вассальных поколений», в верховья Чулыма [3, с. 214]. Они подтверждают передвижения енисейских кыргызов в период IX–X вв. на север от Минусинской котловины.

Как подтверждают археологические находки, столица уйгурского каганата Орду-Балык находилась на левом берегу р. Орхон, в 50 км севернее Эрдени-Цзу [4, с. 277; 5, с. 29], и ее пригороды были разрушены енисейскими кыргызами в 840 г. При раскопках найдены «кыргызские вазы». Такие керамические изделия обнаружены во всех кыргызских курганах – чаатасах Минусинской котловины. Они имеют яйцевидную форму, с узким отмоделированным горлом и плоским дном [6, с. 182]. «Кыргызские вазы» найдены также в городищах Тайджин-Чуло, Тойтен-Тологой и других местах

по рекам Селенге и Орхону. Эти находки свидетельствуют о распространении власти енисейских кыргызов на территории к северо-востоку от столицы уйгуров. В 40-х гг. IX в. на Туву и Монголию хлынула масса енисейских кыргызов и тюркоязычных племен Саяно-Алтая, что документируют археологические данные [7, с. 29–31].

Прежде ставка кыргызского кагана находилась в Минусинской котловине. После победы над уйгурами она была перенесена к югу от хребта Танну-Ола и находилась на расстоянии «в 15 днях конной езды от прежнего хойхуского стойбища». Об этом свидетельствуют кыргызские курганы на границе котловины Великих Озер Монголии.

А.Г. Малявкин без каких-либо оснований утверждает, что западная половина уйгурского каганата не была затронута агрессией кыргызов, причем сам говорит об отсутствии каких-либо данных о происшедших в этом регионе событиях. Факт передвижения населения Саяно-Алтая и минусинской котловины после 840 г. в Монголию и перенесения ставки Ажо кыргызов к югу от Танну-Ола опровергает точку зрения А.Г. Малявкина.

Неверно и другое его утверждение, что телесские племена, кочевавшие в Западной Монголии, после ликвидации уйгурского каганата вели между собой борьбу за власть. Как он считает, в результате этого часть из них во главе с Буку Чином из племени буку под давлением кыргызов ушла на юг и в 866 г. захватила Бешбалык. В трудах восточных авторов данные об этом факте отсутствуют. В приведенном А.Г. Малявкиным источнике Буку Чин назван уйгуром [8, с. 161–162, 130–132]. Совпадение имени этого предводителя с этническим термином «буку» следует считать случайным. В письменных источниках всем, кому добавлялось наименование племени, города, селения или местности, где они родились, оно ставилось после собственного имени, то есть должно быть Чин Буку, а не Буку Чин.

А.Г. Малявкин установил факт ухода группы уйгуров после ликвидации их каганата в 840 г. по четырем направлениям. «Два племени тегина Кэ-чжи-ли бежали на северо-восток к большим шивэй», которые в то время занимали часть территории Якутии и Забайкалья. В результате изделия енисейских кыргызов обнаружены в Прибайкалье [9, с. 115, 116], что подтверждает их проникновение в этот район в IX–X вв. Часть уйгуров во главе с тегинем Хэ-у-Чэ ушла на восток, последний «напал на киданей и был убит во время боя» [8, с. 28]. Вслед за ушедшими на восток группами уйгуров продвигались и енисейские кыргызы.

После занятия Орду-Балыка кыргызами значительная часть уйгуров ушла на юг во главе с У-цзе тегином, младшим братом кагана, убитого заговорщиками в 832 г. В источнике об этом говорится: «тогда 13 родов племени кагана поставили каганом тегина У-цзе и укрепились на юге у гор Цоцзышань», последние отождествляются с одним из отрогов юго-восточной оконечности Гобийского Алтая [8, с. 27, 99].

Как уже отмечалось, при разгроме столицы уйгурского каганата была захвачена в плен китайская принцесса – царевна Тай-хэ. Кыргызский хан в политических интересах отправил ее на родину в сопровождении послов во главе с Дулюй Шихе [10, с. 242]. Но по сути их перехватил Уцзе каган, перебил всех за исключением Тай-хэ и вместе с ней пересек пустыню Гоби. Это событие произошло в 841 г., а на следующий год в крепость Тяньдэ, расположенную в 100 км к северу от западного конца большой излучины Хуанхэ, прибыл кыргызский посланец Та-бу Хэцзу (Тапу Алп Сол) [10, с. 317], который сообщил, что кыргызы, не имея известий о судьбе Тай-хэ, отправили на ее поиски военный отряд. В источниках содержатся данные о посольстве от кыргызских ханов и об ответных посланиях к ним китайского двора в IX в. В этих документах нас интересует только продвижение енисейских кыргызов на юг.

В труде первого министра Танского двора Ли Дэюй, составленного в 841–847 гг., со слов посланника Та-бу Хэцзу говорится, что кыргызы «переселились на р. Хэло, живут на старой территории уйгурского государства». Этот факт повторяется в сочинении автора XI в. Сыиа Гуана, но там идет речь о том, что кыргызы будут переселяться в долины р. Хэло [11, с. 101]. Тем не менее сообщения Ли Дэюя не вызывают сомнений. Дело в том, что он как первый министр участвовал в приемах иностранных послов, в том числе енисейских кыргызов, устроенных Танским двором. Кроме того, Ли Дэюй был одним из составителей официальных документов об отношениях Китая с северными соседями в 840 г.

Река Хэло (Хэлочуань) отождествляется с Эдзин-Гол, среднее течение которой до сих пор носит название Хэйхэ – черная река (Кара-Мурэн).

Император Китая У-цзун неоднократно призывал кыргызского хана уничтожить уйгуров. В одном из своих писем 842, или 843 г. он говорит: «Я узнал, что вы из поколения в поколение с ними (т.е. уйгурами – М.К.) враждуете. Если можно отомстить, уничтожьте их государство и города и станьте государем, прогоните их старейшин в са-

мую далекую пустыню». Следует отметить, что Танский двор в 842–843 гг. вел войну с уйгурами на северных пограничных регионах Китая и старался использовать в своих интересах войска енисейских кыргызов.

На основе изложенного можно сделать следующий вывод: «военные отряды енисейских кыргызов, преследуя ушедших на юг уйгуров, где-то в 843 г. вынудили их покинуть долины Эдзин-Гола. Любопытно, что в это же время отряды кыргызов проникли на территорию Восточного Тянь-Шаня и заняли там ряд городов и местностей, о чем будет сказано ниже. Занятие кыргызами долины р. Хэло подтверждается сообщением Сыма-Гуана о том, что уйгуры вернулись в этот район только в 875 г. [11, с. 102].

В местности Барун бичиг Восточно-Гобийского аймака Монголии обнаружена фигурка всадника, выбитая на скале. Техника исполнения и конская сбруя очень близки к подобным фигуркам енисейских кыргызов. Некоторые исследователи считают, что появление всадника в Гоби связано с победой енисейских кыргызов над уйгурами в 840 гг. Вполне возможно, что всадник на скале Барун бичига [12, с. 209] выбит воинами енисейских кыргызов во время их похода против уйгурского Э-няня на юг пустыни Гоби.

Уцзе каган, имея при себе принцессу Тай-хэ, сначала безуспешно пытался заручиться поддержкой и признанием китайского двора, однако начал грабить западные районы современной внутренней Монголии. В одном из сражений с китайскими войсками он потерпел поражение и с остатком войск бежал к хэйчецзы, кочевавшим на юго-западных отрогах большого Хингана. Здесь он был убит вождями хэйчецзы, подкупленными китайским военачальником, и каганом уйгуров стал его младший брат Энянь. Последний собрал войско в пять тысяч человек и повел борьбу с наступающими китайцами. Постепенно его силы уменьшались и в конце концов более чем с 500 именитыми князьями и знатными чиновниками он бежал к шивэям, кочевавшим на территории от юго-западных отрогов Большого Хингана до Китайской стены. Китайский военачальник потребовал от шивэй выдачи Эняня, и он бежал с семьей в сопровождении девяти всадников на запад. Оставшихся уйгуров разделили шивэй. Кыргызы знали об этих событиях. В 848 г. их каган послал своего министра Або, который во главе 70-тысячного войска, состоявшего из различных племен, пришел со стороны юго-запада от северных границ воеводства Тяньдэ, чтобы взять Эняня и уйгуров. Он

нанес сильное поражение народу шивэй, затем забрал всех уйгуров, находившихся у шивэй, и вернул их на север от Гоби [11, с. 30, 31, 36, 101]. Власть кагана енисейских кыргызов как и уйгуров, распространилась на юго-восток до пустыни Гоби.

В могильниках вблизи Томска и в верховьях Оби прослеживаются два обряда погребения – трупосожжение и трупоположение. Тюхтятские курганы зафиксированы в Новосибирской и Кемеровской областях. В районах Кемеровской области найдено несколько «кыргызских ваз», что подтверждает продвижение енисейских кыргызов в IX–X вв. в северо-западном направлении. Памятники, относящиеся к енисейским кыргызам, были найдены также на Гурьевском поселении [13, с. 212; 14, с. 36]. В археологическом рассмотрении кемеровский вариант формировался на стыке двух культур: восточная часть сростинской культуры и на границе с кыргызами. О влиянии кыргызской культуры в данном регионе говорит тот факт, что в горах Кузнецкого Алатау есть тропы, которые до сих пор называются «кыргызскими».

В IX–X вв. алтайские тюрки, в прошлом потомки могущественных тугю и теле, вошли в состав государства енисейских кыргызов. Об этом свидетельствуют курганы последних с обрядом трупосожжения и предметами сопроводительного инвентаря покойников, обнаруженными и обследованными в различных районах Горного и Западного Алтая [15, с. 130–151]. Пребывание кыргызов в этом регионе подтверждают и рунические надписи, найденные в с. Мендур-Соккон Усть-Канского района Горно-Алтайской автономной области. Приведем их перевод: «имеющий имя Тарпак сказал – славный муж, имеющий известное имя, мой старший брат по имени Эрке-Аныг, герой и знаменитый киргиз» [16, с. 454]. Собственное имя Торпок (Тарпак) на кыргызском языке означает «теленок», эрке – баловень, неженка, а аныг (аныг) – очевидный, несомненный, достоверный, действительный. Среди тяньшаньских кыргызов есть родовые подразделения и собственное имя (до Октябрьской революции) Торпок. Трудно определить, к какому времени относится надпись из Мендур-Соккон. Если она выбита при тюркских каганатах, то группы енисейских кыргызов обитали на Алтае еще до их политического подъема в IX–XI вв. Но в тексте надписи Эрке-Аныг назван героем и знаменитым. В орхоно-енисейских памятниках такими словами прославляют обычно предводителей, советников кагана. Возможно, что Эрке-Аныг был одним из

военачальников енисейских кыргызов, погибших или умерших ввремя их экспансии на Алтай в IX в.

Археологические материалы подтверждают продвижение енисейских кыргызов дальше на запад от алтайских гор. Ф.Х. Арсланова обнаружила в могильной яме у с. Боброво на правом берегу Иртыша погребения с трупосожжением и трупоположением. Такие захоронения с двумя обрядами в одном могильнике найдены в Минусинской котловине, а также около Томска и Верхней Оби, о чем уже говорилось.

Ф.Х. Арсланова исследовала 14 курганов с трупосожжением, расположенных в Шемонайхинском районе (у сел Зевакино и Камышикиново) Восточно-Казахстанской области. Погребальный обряд и сопроводительный инвентарь этих могильников очень близки к захоронениям енисейских кыргызов в Туве. Ф.Х. Арсланова допускает, «что в некоторых курганах с трупоположением были похоронены представители древне-хакасского (т.е. древнекыргызского – М.К) общества, вступившие в непосредственный контакт с аборигенами Верхнего Прииртышья в IX в.» [13, с. 212]. Эти археологические находки подтверждают, что экспансия кыргызского каганата захватила после 840 г. на западе территории до Иртыша. Однако в это время сложился союз кимацких племен, и енисейские кыргызы, по-видимому, уступили им Прииртышье и степи предгорий Алтая. Группы кыргызов, оставшиеся жить на этих территориях, постепенно смешались с кимаками, на что указывают их совместные могильники по обряду трупосожжения (кыргызов) и трупоположения с конем (кимаков) в Зевакино, Гилево, Корболохе и других местах.

Западными соседями енисейских кыргызов были кимаки. Но в одном месте автор сочинения пишет о Кимакской области Каркара хан (или Кыркырахан), где обычаи жителей похожи на обычаи кыргызов. Мнения исследователей по локализации данной области существенно разнятся. Если некоторые востоковеды считают, что эта область находится поблизости от современного Каркаралинска, то другие предлагают искать ее между Тарбагатаем и Колбинским хребтом. В таком случае кыргызы как соседи Кимакской области Каркарахан обитали в пределах Джунгарии.

В 840 г. значительная часть уйгуров ушла на юго-запад, в сторону Джунгарии и Восточного Тянь-Шаня. Судьба их сложилась благополучно. Они образовали Турфанское княжество, просуществовавшее до нашествия монголов. Во главе этой группировки стоял принц Пан тегин и министр

двора. В источнике об их уходе на юго-запад говорится: «Уйгурский министр Сачжи совместно с Пан тегином, племянником танского императора, с пятью его братьями – Наньлу, Эфеном и другими, с пятнадцатью племенами бежали на запад к карлукам». По сообщению другого источника, они бежали в Тарбагатай, в северо-западные пределы Джунгарии.

### Заклучение

Распространение культуры енисейских кыргызов имеет поэтапный характер развития. Если до Великодержавного периода культура развивалась локально и размеренно в пределах Южной Сибири, то начиная с середины IX в. ситуация резко меняется. Военная активность Кыргызского каганата не только нарушила политическое равновесие, но и изменила культурный фон кочевого мира. В пределах ареала распространения политического влияния культура енисейских кыргызов сыграла положительную роль, обогатив и внося разнообразие в культуру сопредельных территорий.

### Список литературы

1. Митько О.А. Кремация в погребальной обрядности теленгитов (по материалам этнографических наблюдений) // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2009. Т. 8. Вып. 3: Археология и этнография. С. 260–267.
2. Грачев И.А. Погребальный обряд енисейских кыргызов IX–X вв. (некоторые наблюдения на материалах раскопок могильника эпохи Чаа-тас на Тагарском острове) // Сибирский сборник 1: Погребальный обряд народов Сибири и сопредельных территорий. Книга 1. СПб.: МАЭ РАН, 2009. С. 215–222.
3. Савинов Д.Г. Енисейские кыргызы до и после «великодержавия» // Экология древних и традиционных обществ. Вып. 3. Тюмень, 2007. С. 210–214.
4. Кляшторный С.Г. Ордубалык: рождение городской культуры в Уйгурском каганате // Древние культуры Евразии. СПб., 2010. С. 276–279.
5. Васютин С.А. Уйгурский каганат цивилизационная альтернатива пасторальным империям Центральной Азии I тыс. н.э. // Вестник Томского государственного университета, 2011. № 11 (113). С. 28–33.
6. Елихина Ю.И. Коллекция находок экспедиции В.Л. Котвича из городища Хара-Балгасун, хранящиеся в Государственном эрмитаже // Тюрко-монгольский мир в прошлом и настоящем: материалы научной конференции памяти Сергея Григорьевича Кляшторного (1928–2014) (г. Санкт-Петербург, 16–17 февраля 2015 г.). СПб., Улан-Батор, 2016. С. 178–185.
7. Худяков Ю.С. Кремация в погребальной обрядности енисейских кыргызов // Древние культуры Монголии, Байкальской Сибири и Северного Китая: материалы VII Международ. науч. конф.: в 2 т. Т. 2 / Отв. ред. П.В. Мандрыка. Красноярск, 2016. С. 111–115.
8. Малявкин А.Г. Материалы по истории уйгуров IX–XII вв. Новосибирск, 1974. 210 с.
9. Савинов Д.Г. Этническое окружение страны енисейских кыргызов // Историческая этнография. Вып. 3. Малые этнические и этнографические группы. СПб., 2008. С. 110–122.
10. Кляшторный С.Г. Древнетюркские рунические памятники как исторический источник // Монгольская империя и кочевой мир. Кн. 3. Улан-Удэ, 2008. С. 311–318.
11. Малявкин А.Г. Уйгурское государство IX–XII вв. Новосибирск, 1983. 297 с.
12. Худяков Ю.С. Бронзовые бляшки с изображением всадников с территории Монголии // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2013. Т. 12. Вып. 5: Археология и этнография. С. 206–218.
13. Арсланова Ф.Х. Очерки средневековой археологии Верхнего Прииртышья. Астана, 2013. 405 с.
14. Илюшин А.М. Курган № 10 на могильнике Ишаново // Теория и практика археологических исследований. 2014. № 1 (9). С. 27–41.
15. Дашковский П.К. Культура енисейских кыргызов на Алтае и сопредельных территориях: современные направления исследования // Тюркологический сборник 2009–2010 гг. М., 2011. С. 130–151.
16. Толкацкий А.Н. Историография кыргызской культуры Алтая // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири. Вып. 3. 2012. Т. 2. С. 454–457.

УДК 314.04(571.6)

## АДАПТАЦИЯ ПЕРЕСЕЛЕНЦЕВ И АБОРИГЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА (1856–1917 ГОДЫ)

Кутовая С.В.

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Биробиджан,  
e-mail: fotinya.2012@yandex.ru*

Предметом исследования является адаптация переселенцев и аборигенного населения. Объектом выступает социально-культурное пространство Дальневосточного региона в период с 1856 по 1917 г. Цель работы – выявить адаптационные практики переселенцев и аборигенного населения в условиях формирования социально-культурного пространства Дальневосточного региона. В авторском исследовании была проанализирована, систематизирована и обобщена научная информация о переселенческом движении на дальневосточные земли, опубликованная в научных статьях, монографических работах, средствах массовой информации. Изучение данных источников позволило рассмотреть разные точки зрения на переселенческую политику государства, процесс адаптации переселенцев и аборигенного населения. В результате выявлено, что адаптация связана с природно-климатическими, социально-экономическими, этнокультурными и социально-медицинскими факторами. Большое значение в процессе адаптации имело отношение власти к переселенческому процессу. Наиболее успешно акклиматизация проходила среди первых переселенцев и наступала через пару лет, так как это были мигранты, частично приспособленные к суровым условиям, из Сибири, Урала, Севера Европейской части России. Определена взаимная адаптация в хозяйственных, экономических и социально-культурных практиках, выражающаяся в трансформациях в жилищной архитектуре, одежде, организации семейного уклада, трудовой деятельности и ведении хозяйства. Также трансформации коснулись социальной организации жизнедеятельности и этнического самосознания аборигенов.

**Ключевые слова:** трансформация, переселенцы, аборигенное население, миграция, новосел, адаптация, социальное взаимодействие, этнокультурное взаимодействие, социально-культурное пространство, экстремальные условия

## ADAPTATION OF IMMIGRANTS AND ABORIGINAL POPULATION IN THE CONDITIONS OF FORMATION OF SOCIAL AND CULTURAL SPACE OF THE FAR EAST REGION (1856–1917)

Kutovaya S.V.

*Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences,  
Birobidzhan, e-mail: fotinya.2012@yandex.ru*

The subject of the study is the adaptation of immigrants and aboriginal population. The object is the social and cultural space of the far East region in the period from 1856 to 1917. The purpose of the work is to identify the adaptation practices of immigrants and aboriginal population in the conditions of formation of the social and cultural space of the far East region. In the author's study was analyzed, systematized and generalized scientific information about the migration movement to the far Eastern lands, published in scientific articles, monographic works, the media. The study of these sources allowed us to consider different points of view on the resettlement policy of the state, the process of adaptation of immigrants and aboriginal population. As a result, it was revealed that adaptation is associated with natural and climatic, socio-economic, ethno-cultural and socio-medical factors. Great importance in the process of adaptation was the attitude of the authorities to the resettlement process. The most successful acclimatization took place among the first immigrants and came in a couple of years, as they were migrants, partially adapted to the harsh conditions, from Siberia, the Urals, the North of the European part of Russia. Mutual adaptation in economic, economic and socio-cultural practices, expressed in the transformations in the housing architecture, clothing, family life, work and farming, is determined. Also, the transformation affected the social organization of life and ethnic identity of the aborigines.

**Keywords:** transformation, migrants, aboriginal population, migration, new settlement, adaptation, social interaction, ethno-cultural interaction, social and cultural space, extreme conditions

Изучение процессов адаптации в социально-культурном пространстве региона невозможно без должного осмысления его эволюции, без обращения к истории его формирования. С этой позиции социально-культурное пространство региона реконструируется в определенных хронологических периодах своего развития. На начальном этапе была характерна миграция населения из густонаселенных территорий России на территорию Дальнего Востока, в результате

чего у переселенцев происходили межкультурные взаимодействия с аборигенным населением, без которых нельзя представить освоение данной территории [1].

Цель статьи: выявить адаптационные практики переселенцев и аборигенного населения в условиях формирования социально-культурного пространства Дальневосточного региона.

В данном исследовании была проанализирована, систематизирована и обобщена

на научная информация о переселенческом движении на дальневосточные земли, опубликованная в научных статьях, монографических работах, средствах массовой информации. Изучение данных источников позволило рассмотреть разные точки зрения на переселенческую политику государства, процесс адаптации переселенцев и аборигенного населения, выявить некоторые особенности миграционного процесса.

### Результаты исследования и их обсуждение

Выявлено, что в большинстве работ одним из основных факторов успешной адаптации к новым условиям указывается отношение власти к переселенческому процессу: условия и размер государственной поддержки, наличие всевозможных преференций, внимание генерал-губернаторов и пр. [2]. Путь переселенца был длительным, и часто проходило от трех до четырех лет, прежде чем семья добиралась до места [3]. За это время терялась домашняя живность, утварь [4]. Признавая всю важность крестьянского переселения на дальневосточные территории, государство оказывало всевозможную помощь: покупался новый скот, выдавалось денежное довольствие для покупки необходимой сельскохозяйственной утвари, зерно для посева, и пр. [5].

Особенно трудно давалась адаптация к экстремальным природно-климатическим условиям. Муссонные дожди, высокая влажность и наводнения, длинная малоснежная и суровая зима, большое количество гнуса — ко всему приходилось приспосабливаться [6, 7]. Наиболее успешно акклиматизация проходила среди первых переселенцев и наступала через пару лет, так как это были мигранты, частично приспособленные к суровым условиям, из Сибири, Урала, Севера Европейской части России [8]. Последующие переселенцы были выходцами из Европейской части России, и этот процесс им давался уже сложнее [9].

Среди первых переселенцев была высокая доля зажиточных крестьян, что обусловлено критериями к отбору переселенцев. Это были крестьяне из среднего слоя, способные экономически выдержать переезд на дальневосточную территорию. В конце 70-х гг. XIX в. имела практика отведения земли единым участком для каждого поселения, которые имели отводы от 2 до 10 тыс. десятин (к примеру, в Приморской области они составляли 68,4%, в Амурской — 69,2%) [10]. Но такое деление приводило к неравномерному распределению земельных наделов. Размеры земель под пахот-

ные работы и сенокосные угодья не были фиксированными, так как бытовало право первого захвата земли: можно было взять столько земли, сколько можно было распашать. Данная модель расширяла возможности для роста материального благополучия старожилов, что привело к выделению зажиточного слоя на Дальнем Востоке России и возникновению социального расслоения в крестьянской среде. Состоятельный крестьянин, располагая большим наделом земли, мог сдавать ее в аренду крестьянам-новоселам.

Однако открытие Транссибирской магистрали и успешное освоение дальневосточных территорий привели к отмене правительством «Правил» от 26 марта 1861 г. и принятию 22 июня 1900 г. Закона «Об образовании переселенческих участков в Амурской и Приморской областях». Переселившихся после принятия этого закона стали называть «новоселами» [11]. Кроме того, начался поток переселенцев с низким социальным статусом. В основном преобладали бедные, мало- и безземельные крестьяне. Появилась практика выделения новоселам земельного участка по предписанию администрации, что значительно снижало возможность повышения экономического статуса новых переселенцев. Приходилось осваивать малопригодные для земледельческих практик участки, а для того, чтобы завести хозяйство, необходимо вложить большое количество сил и материальных средств, чего у новых переселенцев не было.

Согласно статистическим расчетам того времени, для покупки самого необходимого новоселу необходимо было не менее 645–745 руб. [12]. В списке числились: «рабочий и молочный скот, сельскохозяйственный инвентарь, постройка жилых и хозяйственных помещений, семена и пр.». Данные условия позволяли крестьянину начать возделывание земель только на третий-четвертый год [13].

До конца 80-х гг. XIX века при возделывании земель крестьяне пользовались привычными видами орудий, но все чаще в хозяйственной практике стали использоваться новые сельхозорудия: жатки, сенокосилки, молотилки и т.д. Однако новосельское хозяйство в этот период было достаточно неустойчиво и в собственности техника была у небольшого количества крестьян (всего 2–3 машины приходилось на несколько семей). Часто новоселы прибегали к объединению рабочего скота нескольких хозяйств, так называемой «супряге». Для того чтобы как-то улучшить свое материальное положение, многие крестьяне-новоселы

стали заниматься новыми видами промыслов: охотой, прядением и ткачеством, рыболовством, пчеловодством и пр.

Самыми предприимчивыми и адаптируемыми были крестьяне из религиозных общин: старообрядцы и молокане. Этому способствовала самобытная организация их социально-культурной и социально-экономической жизни. Сохранение традиционных устоев, ценностей (трудолюбие, сохранение здоровья как ценности, институт вспомоществования, хозяйственность и др.) позволило удержать общинный тип крестьянской жизни, при этом использовать новые изобретения в своей деятельности. Для усовершенствования и облегчения своего труда молокане и старообрядцы одними из первых стали применять в земледелии сельскохозяйственную технику (конные сенокосилки, молотилки), делать вложения в новые сферы деятельности: предпринимательство, строительство, мукомольное производство, торговлю и прочее.

Жизненный уклад и хозяйственные практики, приобретенный вековой опыт ведения сельского хозяйства в Европейской части России на территории Дальнего Востока в силу социально-экономических и природно-климатических условий претерпели изменения в области земледелия, структуры посевных культур, подсобных промыслов, приемов ведения хозяйства и многих других элементов хозяйствования [14].

Адаптационный процесс затронул и сферу межкультурной коммуникации с аборигенным населением. Появились новые практики хозяйственной деятельности у крестьян, перенятые у коренных народов: собирательство дикоросов и промысел зверя, рыболовство с применением национальных снастей. Местное же население стало применять на практике изделия, изготовленные из железа (хозяйственную утварь, сельскохозяйственные орудия труда, огнестрельное оружие и пр.), а также развивать огородничество, сенокосение, делать заготовки на зиму [15].

Отмечаются изменения в экономическом пространстве аборигенного населения, связанные с применением новых трудовых практик (занятие извозом, заготовка дров для пароходов, работа в рыболовецких артелях), развитием товарно-денежного обращения. Местные женщины стали участвовать в ярмарках, торговле пушниной, рыбой, что привело к возможности управлять денежными средствами, повышению их статуса, повлияло на экономическую независимость и мужчин и женщин.

Также трансформации коснулись социальной организации жизнедеятельности

и этнического самосознания аборигенов. Во-первых, коренное население стали назначать на престижные должностные места, которые были постоянными и часто переходили по наследству, что существенно повышало авторитет среди русского и местного сообщества. Начинает проявляться имущественное расслоение. Во-вторых, произошли изменения в родовой организации. Аборигены стали отказываться от кровосмесительных браков. Этому способствовала Православная церковь, а также уклад жизни русских переселенцев, в которых существовало главенство старшего мужчины и половозрастное разделение труда. Аборигенные семьи в целом практически не отличались от семей русских переселенцев и имели следующую структуру:

– преимущественно состояли из «малых» семей, включающих: супругов с детьми, неженатых братьев, сестер, дядьев и теток;

– «расширенные малые трехпоколенные» семьи, включающие в себя: супружеская пара с детьми и одним из родителей;

– «неполные малые двухпоколенные семьи», которые состояли из вдовы или вдовца с детьми;

– «неразделенные родительские», включающие: супруги с одним или несколькими женатыми сыновьями и внуками;

– «неразделенные братские», где жили два и более брата с женами, детьми и другими родственниками [16];

– а также «сложные полигамные» семьи, включающие мужа, несколько жен, детей и родственников [17].

В-третьих, привнесены изменения в строительство жилища аборигенов: вместо яранг (юрт), землянок стали строиться срубы.

Взаимовлияния коснулись и одежды. Русские переняли у местного населения более удобную для промыслов в зимнее время одежду, а аборигены стали применять в украшении национальных костюмов более широкую цветовую гамму и русский бисер, чаще использовали готовую русскую одежду: сапоги, картузы, рубахи, кафтаны, женские платки и т.п. Это позволило снизить трудоемкость изготовления традиционных элементов одежды из шкуры и кожи.

Но происходили не только положительные трансформации при взаимодействии переселенцев и аборигенного населения. Самым серьезным испытанием стали эпидемии, введенные в аборигенную среду первыми переселенцами, что существенно повлияло на социально-демографическую ситуацию. В.А. Тураев так описывает происходящие события: «На территории Дальнего Востока первая её эпидемия была за-

фиксирована в 1650–1653 гг. на Нижней Яне (умерли все проживавшие там якуты). В Якутии, на Охотском побережье и Чукотке эпидемии оспы отмечались в 1659–1661, 1669–1670, 1681, 1683, 1688–1689, 1690–1692, 1695, 1697, 1714 гг. В 1691 г. от оспы погибло большинство олонских юкагиров. На Камчатку оспу занёс в 1768 г. якутский казак Тарабукин. С октября 1768 по июль 1769 г. от неё умерло 4767 ительменов и оседлых коряков и 315 русских – 65% всего населения. На восточном берегу Камчатки после эпидемии почти не осталось ительменского населения. Не успели оправиться от оспенной эпидемии, как появилась новая напасть. Прибывшие в 1799 г. в Петропавловск солдаты гарнизонного полка Сомова заразили жителей Камчатки сыпным тифом. К лету 1800 г. от эпидемии скончалось почти 2 тыс. камчадалов, коряков и русских. Эта эпидемия, получившая название «сомовское поветрие», положила начало окончательному угасанию ительменов. Эпидемии оспы свирепствовали и в XIX в. Их фиксировали в 1815, 1833, 1845, 1875–1876, 1880 гг. В 1883 г. прекратил существование г. Зашиверск, уцелело около 40 чел., ушедших в тундру до начала эпидемии. С оспой связано исчезновение в конце XIX в. нескольких родовых подразделений орочей. В 1908–1909 гг. на Сахалине от оспы умерло 140 нивхов» [18].

Кроме эпидемий началось широкое распространение употребления алкоголя среди аборигенного населения, завозимого промышленниками и предпринимателями. Так как у аборигенного населения уже сложились товарно-денежные отношения, то спиртное они могли приобретать в многочисленных кабаках.

### Выводы

Выявлено, что всевозможные этнические и конфессиональные группы, переселявшиеся на дальневосточную территорию, несмотря на сформированные несколькими поколениями социально-культурные и социально-экономические практики, выработали адаптационные стратегии в условиях, приближенных к экстремальным. Определено, что адаптационные процессы детерминированы природно-климатическими, социально-экономическими, этнокультурными и социально-медицинскими факторами, связаны с изменением хозяйственных практик, тесным взаимодействием и проникновением культур между переселенцами и аборигенным населением, привнесением изменений в хозяйственные, экономические и социально-культурные практики. Большое значение в про-

цессе адаптации имело отношение власти к переселенческому процессу.

### Список литературы

1. Кутовая С.В. Маргинальные факторы формирования социального пространства Дальневосточного региона // Социологические исследования. 2016. № 1 (381). С. 158–162.
2. Алексеев А.И., Морозов Б.Н. Освоение русского Дальнего Востока (конец XIX в. 1917 г.). URL: <http://www.prometeus.nsc.ru/contents/books00/alekseev.ssi> (дата обращения: 01.08.2018).
3. Аргудяева Ю.В. Этническая и этнокультурная история русских на Юге Дальнего Востока России (вторая половина XIX начало XX в.) // Кн. 1. Крестьяне. Владивосток: Дальнаука, 2006. 312 с.
4. Арутюнов С.А. Народы и культуры: развитие и взаимодействие. URL: <http://iea-ras.ru/index.php?go=Files&in=vie-w&id=333> (дата обращения: 09.08.2018).
5. Кабузан В.М. Как заселялся Дальний Восток (вторая половина XVII – начало XX века). URL: <http://na5ballov.pro/lib/kray/357-kabuzan-vm-kak-zaselyalsya-dalniy-vostok-vtoraya-polovina-xvii-nachalo-xx-veka.html> (дата обращения: 18.08.2016).
6. Минакир П.А. О концепции долгосрочного развития экономики макрорегиона: Дальний Восток URL: [http://spatial-economics.com/images/spatial-economics/1\\_2012/SE.2012.1.007-028.Minakir.pdf](http://spatial-economics.com/images/spatial-economics/1_2012/SE.2012.1.007-028.Minakir.pdf) (дата обращения: 17.08.2018).
7. Рыбаковский Л.Л. Демографический потенциал Дальнего Востока, его динамика и качество URL: <http://rybakovsky.ru/naseleniereg1.html> (дата обращения: 11.08.2018).
8. Книппович Б.Н. К вопросу о дифференциации русского крестьянства. (Дифференциация в сфере сельскохозяйственного труда) // Труды экономического семинария под руководством М.И. Туган-Барановского при юридическом факультете Петербургского университета, 1912. Вып. 1. 112 с.
9. Кутовая С.В. Факторы формирования отношения принимающего сообщества к иноэтничным мигрантам в Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2016. Т. 19. № 4. С. 125–130.
10. Общее положение о крестьянах, вышедших из крепостной зависимости, дополненное всеми узаконениями на 1 января 1895 г. 3-е изд. СПб., 1895. 204 с.
11. Аргудяева Ю.В. Этническая и этнокультурная история русских на юге Дальнего Востока России (вторая половина XIX начало XX в.) // Кн. 1. Крестьяне. Владивосток: Дальнаука, 2006. 312 с.
12. Сборник статистических сведений об экономическом положении переселенцев в Томской губ.: Уезды Барнаульский, Каинский, Томский и Мариинский: Материалы по исслед. переселен, хозяйств / Под ред. В.Я. Нагнибеды. Томск: Б. и., 1913. Изд. 2. С. 46.
13. Аргудяева Ю.В. Семья и семейный быт приморских старообрядцев в Маньчжурии // Вестн. ДВО РАН. 2008. № 5. С. 143–158.
14. Пешехонов А.В. Крестьянское малоземелье как проблема экономической политики: (по работам сельскохозяйственных комитетов) // Русское богатство. 1904. № 7. С. 84–122.
15. Симонова В.В. Интерпретации пространства представителями малочисленных народов севера в различных социокультурных средах: автореф. дис. ... канд. социол. наук. Москва, 2008. 36 с.
16. Аргудяева Ю.В. Влияние русского православия на быт коренных народов Приамурья и Приморья // Россия и АТР. 2009. № 4. С. 41–51.
17. Кутовая С.В. Факторы формирования отношения принимающего сообщества к иноэтничным мигрантам в Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2016. Т. 19. № 4. С. 125–130.
18. Тураев В.А. Исторические последствия этнокультурных контактов на российском Дальнем Востоке (XVII–XVIII вв.) // Россия и АТР. 2012. № 3. С. 126–137.

## ФОНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОВОГО КАЗАХСКОГО ЛАТИНИЗИРОВАННОГО ПИСЬМА

**Базарбаева З.М.**

*Институт языкознания им. А. Байтурсынова МОН РК, Алматы, e-mail: Zeynepmb@mail.ru*

В статье рассмотрены наиболее приемлемые пути перехода казахского алфавита на латинскую графику. Анализируются принципы нового казахского письма на основе новой орфографии, которая устанавливает правильное написание фонем, морфем, слов, базирующееся на трех основных принципах: традиционно-историческом, фонетическом и морфологическом (фонематическом). Раскрывается суть принципа экономии в новом латинизированном казахском письме. Описываются основополагающие принципы теории письма. Выявляется преимущество фонематического принципа в казахской орфографии, при котором одни и те же буквы алфавита обозначают одну фонему независимо от ее звучания. Описывается закон фонологизации и его влияние на развитие и становление казахской фонетической системы. Описываются внешние и внутренние факторы зарождения новых фонем и их обозначение на письме. Становление новых фонем зависит от влияния соседних культур и цивилизаций, от развития языка и мышления. Они пополняются за счет заимствованной лексики и терминологии. При частом употреблении заимствованные звуки приспособляются к артикуляционному аппарату его носителей и фонетическая система языка обогащается новыми фонемами. Анализируются правила правописания и произношения слов в новом латинизированном казахском письме.

**Ключевые слова:** латиница, фонематический принцип, синтагматика, парадигматика, фонологизация, произношение, написание, казахский алфавит, буквы, звуки

## PHONOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE NEW KAZAKH LATINISED LETTER

**Bazarbaeva Z.M.**

*Institute of Linguistics named after A. Baytursynov MES RK, Almaty, e-mail: Zeynepmb@mail.ru*

The article considers the most acceptable ways of transition of the Kazakh alphabet to the Latin script. The principles of the new Kazakh letter are analyzed on the basis of a new spelling that establishes the correct spelling of phonemes, morphemes, words based on three basic principles: traditional-historical, phonetic and phonemic (morphological). The essence of the principle of economy in the new Latinized Kazakh letter is revealed. The basic principles of the theory of writing are described. The advantage of the phonemic principle in Kazakh orthography is revealed, in which the same letters of the alphabet designate the phoneme in all its mutations, no matter how it sounds. The law of phonology and its influence on the development and formation of the Kazakh phonetic system are described. The external and internal factors of the origin of new phonemes and their designation on the letter are described. The formation of new phonemes is associated with the development of language and thinking, supplementing it with new concepts, new vocabulary, the influence of adjacent cultures and civilizations. With frequent use, borrowed sounds adapt to the articulatory apparatus of its carriers and the phonetic system of the language is enriched with new phonemes. The rules of spelling and pronunciation of words in a new Latinized Kazakh letter are analyzed.

**Keywords:** Latin, phonemic principle, phonology, pronunciation, writing, syntagmatics, paradigmatics, Kazakh alphabet, letters, sounds

В феврале текущего года был утвержден последний вариант нового казахского алфавита на основе латинской графики. Переход на латиницу – это не замена одной буквы другой, это весьма сложный процесс, целью которого является создание условий для дальнейшего развития казахского языка и высоких технологий. Это один из важных элементов программы модернизации общественного сознания, основа прогресса, передовых знаний, цифрового общения.

Работники образования и науки переход на латиницу рассматривают как часть образовательного процесса. В результате присоединения к Болонскому процессу в Казахстане осуществлен переход на трехуровневую модель подготовки специалистов: бакалавриат, магистратура, доктор PhD. Участие в этом процессе означает признание высокой квалификации

ученых и преподавателей, повышение качества и конкурентоспособности казахстанских образовательных услуг. Введение мировых образовательных стандартов в казахстанской образовательной среде способствует повышению компетентности и конкурентоспособности казахстанского специалиста. Чтобы поступить в магистратуру, докторантуру, надо сдавать экзамен по английскому языку, а чтобы защитить диссертацию, нужно иметь публикации на английском языке, опубликованные в журналах по базе данных Scopus и Thomson Reuters. При переходе на латинскую графику молодежи будет легче адаптироваться в современном образовательном пространстве, где доминирует английский язык.

Цель исследования: определение и описание фонологических основ нового казах-

ского латинизированного письма, на базе фонематического принципа орфографии.

Материалом исследования явились латинизированные слова казахского языка в написании и произношении, соответствующие правилам орфографии и орфоэпии.

В работе использовались фонологические методы исследования, анализ фонем в сильной и слабой позиции с выявлением соотношений букв и звуков в казахских словах.

### Результаты исследования и их обсуждение

Глава государства не раз отмечал, что переход на латинскую графику будет проходить поэтапно, последовательно и системно. Существует точка зрения, что в результате перехода на латиницу казахстанцы дистанцируются от русского мира, от России, что будет потерян целый культурный пласт, основанный на кириллице. Мы не согласны с этим мнением, так как у нас общие ценности, похожий менталитет, нас объединяют культурные, исторические и родственные связи. Знание русского языка отличает нас, казахстанцев, от других народов СНГ и мы никогда не откажемся от этого преимущества. Владение русским языком и кириллицей будет считаться одним из главных критериев всесторонне культурного и образованного человека. Это наше национально-культурное достояние, и, как говорит Президент, «важно, чтобы это народное достояние не было утрачено для последующих поколений казахстанцев, к русскому языку и к кириллице мы должны относиться столь же бережно, как и к казахскому языку, владение русским языком – это историческое преимущество нашей нации» [1].

Казахстанцы 2050 года – это общество образованных, свободных людей, говорящих на трех языках, написано в Послании. Молодая казахская нация обладает мощным потенциалом, наша молодежь по степени развития, образованности не уступает никому в мире, об этом можно судить по различным международным олимпиадам, конкурсам, в которых участвуют наши школьники, студенты, занимая призовые места.

В последние десятилетия у нас в республике наблюдаются большие перемены. Это реформы в экономике, политике, перенос столицы, градостроительство. Астана стала символом процветания республики, городом будущего, нашей молодежи. И как говорит наш президент, «мы смогли использовать потенциал столицы для того, чтобы показать миру возможность нашей страны. Именно поэтому международное сообщество выбрало Казахстан местом проведения

Всемирной выставки «ЭХРО-2017 – мероприятия планетарного масштаба».

«Ответственная языковая политика является одним из главных консолидирующих факторов казахской нации» говорится в Послании [1]. Идею латинизации самыми первыми подхватили ученые-языковеды, так как они в силу своей профессии, как никто другой, понимают важность и необходимость реформы алфавита в эпоху возрождения казахского языка, распространения информационных технологий, глобализации, компьютеризации нашей жизни. На данный момент уже имеется множество проектов нового алфавита. После изучения и обобщения имеющихся вариантов последнее слово должны сказать, на наш взгляд, ученые Института языкознания им. А. Байтурсынова, так как в таком сложном и ответственном шаге, как переход на латиницу, должны быть задействованы ученые-лингвисты, компетентные в вопросах фонетики и фонологии, орфографии и орфоэпии.

Составлен план поэтапного введения латинизированного алфавита с 2020 года. Для внедрения нового латинизированного казахского алфавита в практику была создана Национальная комиссия, на ее особом контроле находятся вопросы апробации, подготовки преподавательского корпуса, создания нормативной правовой базы. На основе Национальной комиссии созданы 4 группы: первая – орфографическая, в которой разрабатываются правила орфографии и орфоэпии казахского алфавита на латинской графике); вторая – методическая – разрабатываются методика обучения казахского языка на латинице для постепенного внедрения в образовательную систему); третья – терминологическая – систематизируется терминологический фонд казахского языка на основе латинской графики); четвертая – экспертно-техническая – готовятся программы для адаптации латинской графики к ИТ-технологиям). К работе в группах привлечены профессиональные специалисты соответствующих отраслей знаний, которые начали работать по своим направлениям. Алфавит любого языка условен в передаче на письме звуков речевого потока живой речи. Правила орфографии компенсируют недостатки и шероховатости алфавита. При составлении правил казахской орфографии на основе латинской графики безусловно следует учитывать фонологические законы. В настоящее время ученые-лингвисты разрабатывают орфографическую концепцию. Это очень трудоемкий процесс, где должны быть учтены правила правописания казахского языка на латинской графике.

В орфографии различают три принципа: традиционно-исторический, фонетический и фонематический (морфологический). Орфография, как известно, устанавливает правильное написание слов и словоформ.

Традиционно-исторический принцип в основном используется в европейских языках, например в английском, французском. Традиционный принцип заключается в том, что слова пишутся так, как их писали в старину. Их письмо сформировалось очень рано, не менялось на протяжении многих веков, хотя фонетическая система развивалась, количество фонем росло. В результате появилось несоответствие между буквами и звуками, письмом и произношением. Для их сближения, правильного произношения в этих языках широко используется транскрипция.

Фонетический принцип характерен для белорусского, сербского языков. Согласно этому принципу слова произносятся так, как пишутся, т.е. написание должно соответствовать произношению, например *галава, карова, тунэль*. Такой принцип не всегда гарантирует грамотное письмо, так как разные люди по-разному произносят и слышат. Например, корейцы не различают фонемы [r] и [l]; арабы не дифференцируют [o] и [u]; французы по-разному слышат фонему [e] в казахском слове *керек* (надо). Это связано с тем, что звучащая речь воспринимается через фонологическое сито родного языка, поэтому при обучении неродного языка, чтобы не было акцента необходимо освоить его артикуляторную базу [2].

Фонематический (морфологический) принцип орфографии используется в русском языке. Фонема или морфема не меняется во всех однокоренных словах и их формах независимо от ее звучания: оглушения или озвончения согласных, редукции гласных звуков, ассимиляции и прочих фонетических изменений в слове. Так, в словах *вода* и *воды* буква о передается фонемой <o> одинаково, т.е. эта фонема выражается одной и той же буквой на письме, хотя в первом случае слово находится в слабой позиции, а во втором – в сильной. В словах *воды* и *вод* одинаково пишется буква д, хотя обозначаемые ею звуки произносятся по-разному [3].

В казахском языке используются все три принципа, но ведущим является фонематический. Фонематическое письмо – это такое, в котором одни и те же буквы алфавита обозначают фонему во всех ее вариациях, независимо от ее звучания в том или ином фонетическом окружении. При этом видоизменения фонемы в различных фонетических положениях не берутся во внимание,

на письме обозначается лишь ее основное звучание [4]. В результате получается, что каждая морфема, содержащая одни и те же фонемы и их вариации, пишется всегда одинаково. Она пишется одинаково даже в том случае, если в устной речи произносится по-разному. Морфема, состоящая из фонем, не меняется в своем написании, хотя из-за фонетического окружения в устной речи реализуется в своих вариантах. Например согласные фонемы с, н, з меняют свое произношение в зависимости от позиции в слове. На основе нового латинизированного алфавита пишется *basshy* (*басшы*) – *руководитель*, произносится [bashshy] [баишы], пишется *jańbyr* (*жаңбыр*) – *дождь*, произносится [jambyr] [жамбыр], пишется *qobuzshy* (*қобызшы*) – *кобызист, тот, кто играет на кобызе*, произносится [qobushshy] [қобышышы], пишется *jazsa* (*жазса*), *написав*, произносится [jassa] [жасса], пишется *qyz jibek* (*қыз жібек*), *шелковая девушка (из фольклора)*, произносится [qujjibek] [қыжжібек]. В трех последних примерах графема (буква) <z> имеет три варианта произношения: ш, с, ж, т.е. <z> = [sh] [s] [j]. В словах с гласными звуками то же самое. Пишется *erke* (*ерке*) – *избалованный*, произносится [erke], [üerke], пишется *ómir* (*омір*), *жизнь* произносится [“ómir] [уómip], пишется *shai* (*шай*) – *чай*, произносится [shái] [шэй], пишется *qunduz* (*құндыз*) – *норка*, произносится [qunduz] [құндүз], пишется *jürek*, (*жүрек*), – *сердце* произносится [jurók] [жүрөк] [5].

Таким образом, если правила написания слов и их форм изучает орфография, то правила их произношения – орфоэпия.

Все перечисленные фонемы – это исконно казахские фонемы, и они входят в фонетическую систему казахского языка. В казахском языке есть заимствованные фонемы – это ц и ч. Несмотря на то, что их нет в системе исконно казахских фонем, они часто встречаются в речи казахоязычных и приспособлены к нашему артикуляторному аппарату, т.е. казахи без труда произносят их. Например в словах *aitsa* (*айтса*) – *говори* и *aitshy* (*айтшы*) – *говори* фонемы <s> и <sh> произносятся как [c] ц и [ch] ч. В новом латинизированном казахском алфавите фонема ч обозначена как ch, а фонему ц следовало бы обозначить как c. В лингвистике есть такой закон, звуки при частом использовании в устной речи, переходят в систему языка, т.е. появляются новые фонемы [6].

Это универсальный закон фонологизации [7] присущ всем мировым языкам. Рождение новых фонем обусловлено внешними и внутренними факторами. Внешние факторы (экстралингвистические) – это по-

полнение фонем за счет заимствованных новых слов, терминов. Внутренние факторы (лингвистические) обусловлены образованием новых фонем за счет развития самого языка, в результате перехода звуков из синтагматики в парадигматику, т.е. в систему языка. Как показывает история развития языков, их звуковой фонд совершенствовался, пополнялся новыми фонемами и в силу частого их употребления приспособлялся к артикуляционному аппарату его носителей. Становление новых фонем связано с развитием языка и мышления, обогащением его новыми понятиями, новой лексикой, влиянием смежных культур и цивилизаций. Это прогрессивное явление обогащает язык, а не «портит», как считают некоторые пуристы от лингвистики. В наше время глобализации и межкультурного сотрудничества, воспитания подрастающего поколения в традициях трехязычия не приемлем «пуристский» подход к реформированию алфавита, который может породить множество дополнительных проблем. Молодое поколение, стремящееся к западным стандартам, к вхождению в глобальное информационное пространство, усвоению мировых технологий и систем знаний за разумный и адекватный выбор казахского алфавита на основе латинской графики.

В результате внешних причин фонологизации, через заимствованные слова (вагон, фильм, химия) в казахском языке появились звуки в, ф, х. Они имеют свои эквиваленты в новом казахском алфавите на основе латинской графики (v, f, h). Большой спор возникает у самих лингвистов статус букв (фонем) у и и. Их называют ложными дифтонгами, так как они состоят из двух составляющих у = үу, үү, и = ый, ій. С точки зрения главного закона орфографии – принципа экономии на письме их обозначают одной буквой у, и. Следовательно, слова с этими буквами следует писать как *jazú* (жазу) – писать, *jabú* (жабу) – закрывать, *kelú* (келу) – приходить, *ketú* (кету) – уходить, *biyl* (биыл) – в этом году, *inelik* (инелик) – стрекоза, хотя по правилам орфоэпии они произносятся как [жазүү], [жабүү], [келүү], [кетүү], [бийыл], [ийнелик].

Теперь, что касается обозначения мягких согласных. В русском языке они смягчаются посредством мягкого знака (ь). В казахском языке по правилам сингармонизма

мягкость согласных подчиняется рядом стоящим «мягким» гласным. Например, в русском языке в словах *мол – моль, мел – мель* две фонемы л, одна твердая, другая мягкая, в казахском языке – одна фонема л меняет свое свойство от соседствующей гласной фонемы: если соседняя гласная «твердая», то и согласная твердая, если гласная «мягкая», то и согласная мягкая: *бол-(будь) – бөл – (раздели) [b'ol' – b'ól'] тол – (поправься) – төл – (оригинальный) [t'ol' – t'ól']*.

### Заключение

Закон экономии в орфографии это основной принцип, к которому стремятся все языки мира. Ученые-лингвисты пытались вывести математические формулы сочетания фонем и графем, предусматривающие создание формулы построения наиболее экономного алфавита. В русском языке экономность построения алфавита достигается тем, что дифференциальные признаки твердости и мягкости у согласных фонем обозначаются последующими гласными буквами. В казахском языке экономное письмо было предложено основоположником казахского языкознания А. Байтурсыновым, в котором многочисленные звуки казахского языка передавались лишь ограниченным числом букв. Таким образом, новое казахское письмо на основе латинской графики позволяет по возможности небольшим числом букв, полно и вместе с тем просто передавать на письме звуковую сторону языка.

### Список литературы

1. Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 14 декабря 2012 г. Стратегия «Казахстан-2050». Новый политический курс состоявшегося государства. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002050> (дата обращения: 17.08.2018).
2. Щерба Л.В. Языковая система и речевая деятельность. Раздел: Лингвистика → Общее языкознание. М.: Едиториал УРСС, 2004. 226 с.
3. Трубецкой Н.С. Основы фонологии. Пер с нем. А.А. Холодовича; Под ред С.Д. Кацнельсона. М.: Аспект Пресс, 2010. 352 с.
4. Байтурсынов А. Тіл тағылымы. (Обучение языку). Алматы, 2008. 325 с.
5. Базарбаева З.М. Проблемы сегментной и суперсегментной фонетики. Алматы, 2016. 600 с.
6. Сыздыкова Р. Сөздер сөйлейді. (Слова говорят). Алматы, 2014. 231 с.
7. Журавлев В.К. Диахроническая фонология. М., 1986. 230 с.

## ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЯЗЫКА И КУЛЬТУРЫ КЫРГЫЗОВ И ПЛЕМЕНИ НАВАХО

Мамбаева С.К.

*Кыргызско-турецкий университет Манас, Бишкек, e-mail: smam07@mail.ru*

В данной статье сделана попытка показать лингвокультурологические особенности в языке и культуре кыргызов и североамериканского племени навахо, внешние данные, которых очень похожи на кыргызов, не говоря о языке и культуре, подтверждение которому приводится в статье. Кыргызские обычаи и традиции хорошо изучены, и есть множество народов, имеющих схожие обычаи и традиции, а в сравнении с североамериканскими племенами изучение с точки зрения лингвистики и межкультурной коммуникации только начинает изучаться как кыргызскими учеными, так и североамериканскими учеными, и поэтому данная статья будет небольшим вкладом в изучение языковой и культурной схожести двух народов, проживающих на разных континентах, и остающейся загадкой для многих ученых со всего мира. В статье представлены языковые схожести и совпадения значений ряда слов из кыргызского языка с языком племени навахо. Также перечислен ряд схожестей в культуре этих народов – связанных с обычаями и традициями. В статье даны пока начальные этапы сравнительно-сопоставительного изучения языков. Предстоит большая работа по выявлению ещё большего сходства в изучаемых культурах и языках.

**Ключевые слова:** сравнительное сопоставление, язык, культура, лингвокультурология, кыргызы, народ навахо

## LINGUISTIC AND CULTURAL STUDIES OF LANGUAGE AND CULTURE OF KYRGYZ AND NAVAJO TRIBAL PEOPLE

Mambaeva S.K.

*Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, e-mail: smam07@mail.ru*

In the given article was done a trial to observe linguistic and cultural peculiarities in the language and culture of Kyrgyz people and north-American tribal people Navajo, they look like each other according to their appearance, but not only in appearance they have similarities. And this article gives an improvement to it. Kyrgyz customs and traditions are well studied, and there are so many other nationalities who has very similar customs and traditions, but in comparison with the northern American tribal people from the point of linguistics and intercultural communication just have started as by Kyrgyz scholars and the American scholars too. So this article will be a tiny contribution into the study of linguistic and cultural similarities of two nations living on different continents and being a secret for most of the scholars around the world. In the article represented language coincidences in the cultures of both people- connected with their customs and traditions. In the article are given the starting stages of comparative study of languages. There will be a huge work on clearing out more coincidences in the studying cultures and languages.

**Keywords:** comparative studies, language, culture, linguo-cultural studies, Kyrgyzs, Navajo people

В эпоху глобализации, когда изучение языка и культуры выходит за рамки изучения собственного знания и понимания своей культуры, сравнительно-сопоставительное изучение других схожих культур является неизбежным. Основной и центральной темой верований любого народа и этнической группы является история о том, откуда данный этнос вышел и откуда он пришел на свои нынешние территории, на которых он осел. Устное народное творчество неизбежно содержит наиценнейшие элементы проницательности в культуре и манерности любых народностей, так как в связи с отсутствием письменности всегда полагались на коллективную память и на устный язык.

Цель исследования: сравнение культур, имеющих огромное количество сходных признаков в языке, традициях, культуре (у кыргызов осталось очень много от периода шаманизма, тенгриянства и язычества), также в отношении к женщине, к детям, к пожилым людям, к природе, к структуре родового клана и семейного клана тоже.

Ученые России и Кыргызстана (еще с начала прошлого века) вели исследование в языке и культуре кыргызов, как одного из алтайских народов, перекочевавших на территорию нынешнего Кыргызстана с Енисея. Но сравнение кыргызов с племенными народами США пока только набирает силу.

Кыргызы и навахо – эти две культуры и народности, они проживают на разных сторонах земного полушария, но самое интересное то, что и в языке, и в культуре этих двух этнических групп имеются заметные и видимые схожести, что было отмечено в период пребывания и исследования в Америке с данной исследовательской темой в 2010–2011 гг., по программе Фулбрайт.

Почему выбран именно народ племени навахо? Несмотря на исторические события которые происходили на территории нынешней Америки, несмотря на языковое насилие со стороны англичан и испанцев, народ племени навахо сумел сохранить свой язык и свою культуру. Это единственное племя на территории США, на языке кото-

рого общаются и ведутся занятия в начальной и средней школе [1].

Основные методы исследования – это *методы эмпирического исследования*: наблюдение, сравнение, интервью; также *методы теоретического исследования*, такие как анализ, синтез, изучение, обобщение и мысленное моделирование, а для сравнения языков двух народов – *сравнительно-сопоставительный метод* в изучении языковых сходств.

«Язык является по своей функции орудием общения, материально-духовным образованием, вмещающим в себя все познавательное богатство человека в индивидуальном и общественном аспекте, закрепляющим в материальной форме его индивидуальное и общественное сознание. Исходя из фундаментального определения языка непосредственный действительности мысли, что в целом подтверждается данными современной науки в её различных аспектах (лингвистика, психология, физиология), можно утверждать, что язык является единственным универсальным средством выражения всего процесса мышления человека. Это предпосылка дает основание говорить об абсолютной способности языка выражать как структуру, каркас мышления, так и заполнение этого каркаса любым понятийным содержанием» [2, с. 7].

«Язык, являющийся формой существования мыслительной деятельности человека, охватывает собою все сферы индивидуальной и общественной жизни человека и является составной частью человеческой природы, практической и теоретической деятельности как индивидуума, так и социума» [3, с. 7].

Рассказчики, сказители, или *санжырачы* (среди кыргызов сказители), всегда передавали из поколения в поколения истории о своих героях – *баатырах* и истории жизни народа в целом. Сказительство очень свойственно кыргызам и является способом сохранения их истории и культурных ценностей, и такое же автор увидел и у американских индейцев, что стало одной из причин его пребывания и заинтересованности в культуре и языке племени навахо, которые даже внешне как-то напоминают кыргызов, не говоря о быте и *хогане* – это домик из глинянных необожженных кирпичей, внешне напоминающий кыргызский *бозуй* и имеющий куполообразную форму, как и юрта кыргызов, и котррый также имеет наверху щель для отвода дыма, похожую на кыргызский *тундук* (ТҮНДҮК). Тундук является символом на флаге Кыргызской республики – и означает символ семьи и единства кыргызских племен.

Также индейские рассказчики и сказители до сих пор только устно рассказывают истории своего народа, как и кыргызские акыны – поэты сказители, и санжырачы.

Например, как кыргызы верят в голубое небо (КӨК АСМАН), в солнце (КҮН), луну (АЙ), в землю (ЖЕР) и в Дух мира Вселенного – тенгрианство (ТЕҢИРЧИЛИК), так и люди племени навахо ценят все, что их окружает и ценят каждый свой вклад в природу и благодарны природе за то что, она дает им в ответ.

Кыргызы изначально по типу культуры считались культурой, которые род считали по материнской линии (Matrilocal), например боговотрили *Умай –эне* и *Бугу –эне*, то есть женское начало было началом рода кыргызов, и кыргызы всегда почитали своих женщин, девочек и особенно пожилых женщин клана и племени. *Умай эне* она защищает наших детей и людей от бедствий и опасностей, от болезней и остальных бед. *Бугу эне* прародительница одного из кыргызских племен, например до сих пор есть люди племени *Бугу – Матери оленихи*, она также является символом Матери Природы и хранильницей для новорожденных детей. До сих в культуре кыргызов родственники со стороны матери считаются самыми уважаемыми и наиболее близкими.

Люди племени навахо, так же как и все почти племена проживающие и сохранившиеся на территории современной Америки, имеют матриархальную культуру и шаманизм, то есть у них есть *Clan Mother* – Мать Племена, она решает основные проблемы племени, и что самое интресное, она назначает вождя племени из своих зятей. И только она может его снять с поста Вождя племени, за прегрешения или неправильное правление племенем. А Матерью клана может стать самая опытная повитуха, которая принимает роды у женщин племени, и по возрасту она назначается Матерью племени, и все члены племени должны беспрекословно подчиняться ей.

Кыргызы с приходом и принятием Ислама забыли некоторые элементы тенгрианства, шаманизма и язычества, но они продолжают свою веру и преклонение горам, что спасает их от врагов как было издревле, и поклонение женщине как создателя и хранителя семьи. Среди племени навахо женщина рассматривается как центр всех вещей. Природа дала женщинам возможность создавать – поэтому вполне естественно, что женщины у них во всех властных структурах, чтобы защитить данную им свыше функцию.

Женщина является основной частью семьи в обеих культурах, насколько они по-

хожи друг на друга? Например: отношение к женщине в семьях как у кыргызов, так и у племени навахо имеют множество сходств. Женщины навахо решают практически все семейно-клановые вопросы, и вождь не имеет даже права вступать в разговор или спорить, такие вопросы как свадьба, похороны, или торжества, приглашения на торжества, и подготовка к ним, соответственно и подарки. У кыргызов также женщины в первую очередь ведут семейный совет, затем только мужчины приступают к выполнению всего, что намечено на совете.

Девушки племени навахо должны уметь практически все по дому и даже больше, например: как разделывать тушу барана; как правильно пасти скот; как правильно оседлать лошадь; где разместить свой *хоган* при переезде на пастбище или на новое место проживания и кочевья и т.д., также и у кыргызов, занимающихся скотоводством и кочевкой на джайлоо, девушек обучают всему.

У кыргызов есть поговорка «*Жалгыз кыз балаң болсо уулдай өстүр*», «Если у тебя единственная дочь, то вырасти её как сына», то есть научить дочь всем навыкам, которыми должен обладать сын в семье. Она должна уметь делать всю женскую работу и уметь все, что должен уметь сын. Почти такая же поговорка имеется и у племени навахо, и они тоже уделяют огромное внимание воспитанию своих девочек и мальчиков по отдельности.

Отношение к пожилым людям рода, племени и семейного клана у обеих народностей очень схоже. Например: нельзя сидя встречать и приветствовать взрослого и пожилого человека. Необходимо обязательно встать и подать руку первым для приветствия; пока самый старейший в семье не сядет и не даст добро на начало принятия пищи и не начнет сам кушать, остальные не могут начинать трапезу; нельзя перебивать старшего в разговоре и т.д.

В быту были замечены такие интересные схожести как:

– *Окуривание дома арчой*, а также колыбели (БЕШИК) новорожденного ребенка, существует у кыргызов издревле (остатки элементов шаманизма в кыргызских традициях и обычаях), такое же окуривание дома и колыбели существует и у племени навахо. При въезде в новый дом кыргызы обязательно окуривают новый дом, или на Нооруз (Новый год) должны окуривать все помещения. А у племени навахо после того, как они возведут *хоган* также окуривают его, также колыбель куда впервые кладут ребенка полностью окуривается арчой [4].

– У кыргызов *класть нож под голову спящего ребенка* (особенно для детей, которые не умеют разговаривать ещё) считалось и до сих пор считается, что нож оберегает сон малыша. Наверное, такая традиция осталась с тех времен, когда кыргызы были полными кочевниками, и если в горах или в поле ложились спать, то всегда держали нож под головой, под подушкой, чтобы в любой момент обезопасить себя от врагов и диких животных. А ребенку клали для того, чтобы нож охранял сон малыша. Такое же поверье и традиция до сих пор существует у народа навахо.

– У кыргызов *класть топленое масло в рот новорожденного ребенка*, это делается для того чтобы кишечник ребенка стал промасленным, и чтобы его жизнь была гладкой и быстрой шла как по маслу. У народа навахо Мать племени сразу после рождения ребенка, до того как приложить ребенка к груди матери кладет топленое масло новорожденному, и поверье такое же, как и у кыргызов: промаслить кишечник, чтобы жизнь шла как по маслу.

– У кыргызов завязывать ленточки яркие на дереве около источника с водой, как и вода, считается священным, а источник дает силу человеку. И место считается священным – МАЗАРОМ; куда приходит те, кто не может иметь детей (Например: малый кыргызский эпос «Эр Тёштук», там как раз отец богатыря Эр Тёштук Эламан с женой приходят к Мазару и просят о сыне у Всевышнего, который и выполнил желание пожилых людей и подарил им сына) [5, с. 28].

У людей племени навахо также существует поверье, что если есть источник и рядом растет дерево, его надо украсить лентами разноцветными, такими же разными, как желания людей, и если привяжешь свою ленточку на такое дерево, то твое желание обязательно сбудется [6].

А источник воды у всех народов считается символом чистоты и невинности.

– Предубеждение у племени навахо, что нельзя оставлять вещи и колыбель младенца на закате дня на улице, в него могут вселиться или просто по ним пройти нечистые духи. Очень схоже с кыргызским таким же предубеждением, у кыргызов есть поверье, что вещи ребенка ещё не умеющего говорить (примерно тот же возраст) нельзя оставлять на ночь, а то ребенок может долго ещё не заговорить.

– У обеих народностей нельзя говорить и сообщать о беременности женщины и готовить вещи для будущего ребенка, это плохая примета.

Звучание и значение слов из языка навахо на английском и кыргызском языках

№ п/п	На языке навахо (правописание приведено так, как в словаре языка навахо)	Значение на английском и на русском языках	Эквивалент на кыргызском и схожие слова
1	Àkéi [акейэ]	<i>Kin, relative</i> – род, родственник	акелер
2	Àla tàà [алатаа]	Both of them – оба	Ала Тоо
3	Àlch'j' [алчы]	<i>Toward each other</i> – по отношению друг к другу	Алчы, алчу
4	Àlchini [алчины]	<i>Children</i> – дети	Балдар (алтыны)
5	Àtééké [атакэ]	Boy – мальчик	отец
6	Àyoo [айоо]	Very – очень	аябай
7	Chéétiin [чээтын]	Doorway – дверной проём	четинде
8	Chilábée [чылаабы]	Milkweed – молочная болтушка	Чалап, чалабы
9	Heiida [хейда]	Where? Whenever? – Где? Когда-либо?	кайда
10	Hojo'o'i [ходжоой]	He sees it\area; he is familiar\ Он все видит\ он знаком со всеми	Кожо, кожоюн
11	Mòsi [моусы]	Cat\кошка	мышык
12	Mòsika [моусыка]	Tomcat\кот	Мышык (эркеги)
13	Nàalch'i [нээлчы]	Agent, ambassador\агент, дипломат	элчи
14	Nah'kai [na:khai] [накхай]	Mexican tribe	Накай (кыргыз уруусу)

– У обоих народов есть такое, что входящего в твой дом человека надо обязательно усадить, дать передохнуть, угостить тем, что есть, и только потом начать разговор.

(Кыргызское гостеприимство отмечается всеми, особенно туристами, которые приезжают в Кыргызстан ежегодно.)

– На ночь глядя не начинать ничего нового и не ходить в гости перед закатом, или просить кого-нибудь о чем-нибудь, давать кому то вещь, деньги – это все считается плохой приметой как у кыргызов, так и у народа племени навахо.

– Прежде чем начинать новое дело, обязательно надо посоветоваться со старейшими из рода и племени [7].

Всё вышеуказанное касается традиций и обычаев двух сравниваемых народов. С лингвистической и лингвокультурологической точек зрения можно найти еще более схожие детали как в концептах касательно семби, родового клана и всего того, что окружает вокруг обоих этих народов.

«Одним из ярких примеров языковой специфики является так называемое языковое сравнение. Эти явления хорошо известны и проанализированы во многих лингвистических и литературоведческих исследованиях...» [3, с. 77].

В языковом плане некоторое сходство можно найти в следующей таблице внизу, в котором приведены всего несколько примеров, а фактически таких схожестей в языке у кыргызов с языком племени навахо более 100, которые были найдены в старых

словарях, составленных в конце 18 – начале 19 века, и в речи современных представителей племени навахо. Просмотрев старые и новые словари народа племени навахо, были найдены что не только значение, но и смысл ряда слов полностью совпадает у обоих народов.

Если у двух народов есть около десяти слов в языке, то их называют родственными языками, а нашем случае найдено более 100 слов, и значение, и произношение которых практически совпадают. Например, одним из первых примечательных примеров можно считать тот случай, когда в фамилии одного из музыкантов из навахо было следующее: Carlos Nakai (Карлос Накай). Накай – Накайи – это одно из кыргызских племен, которое вошло в те 40 племен, о которых говорится в легендах о кыргызском народе, и как 40 племен решили стать одной национальностью, чтобы остоять свои земли от врагов.

Или Frederic Tayake (Фредерик Тайаке) – имена практически у всех проживающих ныне племен из западных языков, но фамилию многие из племенных народов пытаются оставить на своих языках, даже если эти языки уже не существуют и на них никто и не разговаривает. В данном случае *Tayake* – Откуда у него такая фамилия? Так ответ был прост, оказывается он и его предки из племени навахо, а *Tayake* – обозначает родственник по материнской линии- её брат. У кыргызов – *Tayake* – это тоже брат матери. Родственники по материнской ли-

нии у кыргызов идут с приставкой *тай-*: *тайата* – отец матери; *тайэне* – мать матери; тайаке – брат матери; *тайженге* – жена брата матери. В конце 19 века исследования Отто Рерига были оценены очень высоко татарским ученым А. Каримулиным – в своей работе он писал, что «наблюдение О. Рерига представляет огромный интерес не только для тюркологии, не только для общей филологии, но и для истории происхождения индейцев, заселения Америки, да и для истории других народов...» [8, с. 7].

В таблице, которая составлена автором статьи на базе его исследований, можно видеть наиболее яркие примеры сходства кыргызского языка с языком народа навахо. В данной таблице приведены лишь малая часть тех слов, которые схожи с кыргызскими словами и понятиями.

С лингвокультурологической точки зрения концептуальный анализ основных концептов в кыргызском языке предполагает выявление основных идей языка, из которых складывается языковая картина мира и которая отражает ценности народа и универсальные национально-специфические ценности. Если сравнивать с такого ракурса кыргызов с народом племени навахо, то, наверное, можно найти еще больше сходства. Например: отношение к жизни, к смерти, к человеку в целом, к женщине, к страху, злости, добру и благословию и мн. др. [9].

В заключение необходимо отметить, что сегодня большинство народов так же как кыргызы и представители племени навахо, малых народов, ищут свои корни, как в языке, так и в культуре. Изучение языка и культуры народов дает ещё больший стимул для их распознавания и исследования, сравнения, сопоставления и нахождения сходств, как в языке, так и в культуре, быту, религии и мн. др. Для кыргызов изучение схожих культур и языков дает возможность найти то, что может быть уже утеряно за последнее время. Сравнительное изучение

с народом племени навахо – это попытка сохранить то, что сохранилось у двух схожих народов. Благодаря лингвокультурологическому анализу разных культур, сравнительно-сопоставительному изучению языков, идет рост межкультурной коммуникации и это только начало исследований в данной области.

### Список литературы

1. Льюис Р.Б. Культура навахо (Lewis R.B. Navajo culture) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.discovernavajo.com> (дата обращения: 13.08.2018).
2. Колшанский Г.В. Паралингвистика. Изд. 5-е. М.: ЛЕНАНД, 2014. 100 с.
3. Вежицкая А. Язык. Культура. Познание. М., 1996. 412 с. URL: [https://komyshevaad.files.wordpress.com/2014/10/yazyk\\_kultura\\_poznanie.pdf](https://komyshevaad.files.wordpress.com/2014/10/yazyk_kultura_poznanie.pdf) (дата обращения: 13.08.2018).
4. Hennepin L.A. New Discovery of a vast country in America, London, 1698, II, P. 48–50. URL: <https://books.google.kg/books?id=fEbqCQAAQBAJ&pg=PA316&lpg=PA316&dq=4.%09Hennepin+L,+A+New+Discovery+of+a+vast+country+in+America,+London,+1698,II,48-50&source=bl&ot=s=jofVzEfEjs&sig=tyXEkeUi9LqCXsTAC5UKs2Bs6Mo&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiy24vE78jcAhVEiywKHTcVBOYQ6AEwAHoECAAQAQ#v=onepage&q=4.%09Hennepin%20L%20CA%20New%20Discovery%20of%20a%20vast%20country%20in%20America%20C%20London%20C%201698%20II%2048-50&f=false> (дата обращения: 13.08.2018).
5. Navajo English Dictionary. Wall L. Morgan W, 2008, Arizona (In PDF) [Электронный ресурс]. URL: <https://digscholarship.unco.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=navajo> (дата обращения: 13.08.2018).
6. Эр Тоштук: Эпос / Под. ред. А. Акматалиева (Иллюстрациясы Т. Курманова). АН КР Б.: Шам, 1996. 448 с.
7. Национальная этногония этнического и социального исследования истории для изучения источников в одном ряду (По материалам тюркоязычных кочевников) (на кыргызском языке) (Элдик этногония этностук жана социалдык тарыхты изилдеп-үйрөнүү үчүн булактардын бири катарында (түркий тилдүү көчмөндөрдүн материалы боюнча [Электронный ресурс]. URL: [http://bizdin.kg/S.\\_M.\\_Abramzonrygyz\\_jana\\_Kyrgyzstan\\_taryhy\\_boiuncha\\_tandalma\\_emgekter\\_20.html](http://bizdin.kg/S._M._Abramzonrygyz_jana_Kyrgyzstan_taryhy_boiuncha_tandalma_emgekter_20.html) (дата обращения: 13.08.2018).
8. Каримуллин А.Г. Прототюрки и индейцы Америки. По следам одной гипотезы (источник <http://tatarica.narod.ru>) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.curanderos.ru/turc\\_america.htm](http://www.curanderos.ru/turc_america.htm) (дата обращения: 13.08.2018).
9. Культурная история и легенды навахо (на английском языке). (Navajo Cultural History and Legends) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ashtloguild.org/ashtlo.htm> (дата обращения: 13.08.2018).

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

УДК 615.477.87

**ВНУТРИМАТОЧНАЯ КОНТРАЦЕПЦИЯ:  
ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СОВРЕМЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ****Блесманович А.Е., Алехина А.Г., Петров Ю.А.***ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, e-mail: anna06061995@yandex.ru*

На современном этапе фармацевтический рынок предлагает большое разнообразие препаратов и медицинских изделий, при применении которых достигается контрацептивный эффект. К данным средствам предъявляется большое количество требований. С одной стороны, они должны обладать высокой эффективностью, а с другой – не оказывать выраженных системных эффектов и не сопровождаться развитием нежелательных реакций при их использовании. Одним из претендентов, удовлетворяющих данным требованиям, является внутриматочная контрацепция, представляющая собой один из наиболее популярных методов предохранения от нежелательной беременности. На сегодняшний день существует множество разновидностей внутриматочных спиралей, а системы последнего поколения, имеющие в своем составе гормон, используются не только по прямому назначению, но и находят свое применение в лечении различных гинекологических заболеваний. Безусловно, рассматриваемый метод контрацепции имеет как свои положительные стороны, так и отрицательные, однако соблюдение всех мер предосторожности и правил постановки контрацептива, проведение предварительного комплексного обследования женщины с целью выявления противопоказаний и дальнейший контроль за состоянием пациентки позволит минимизировать риски развития нежелательных реакций и осложнений и тем самым сохранить ее репродуктивное здоровье.

**Ключевые слова:** внутриматочная контрацепция, беременность, левоноргестрел, меноррагия, эндометрий

**INTRAUTERINE CONTRACEPTION:  
THE PROS AND CONS OF MODERN APPLICATIONS****Blesmanovich A.E., Alekhina A.G., Petrov Yu.A.***Rostov State Medical University of the Ministry of Health of the Russian, Rostov-on-Don, e-mail: anna06061995@yandex.ru*

At the present stage, the pharmaceutical market offers a wide variety of drugs and medical products, with the use of which a contraceptive effect is achieved. A large number of requirements are presented to these funds. On the one hand, they must have high efficiency, and on the other – do not have pronounced systemic effects and are not accompanied by the development of undesirable reactions in their use. One of the contenders that meet these requirements is intrauterine contraception, which is one of the most popular methods of preventing unwanted pregnancies. To date, there are many varieties of intrauterine spirals, and the systems of the latest generation, which include a hormone, are used not only for their intended purpose, but also find their application in the treatment of various gynecological diseases. Undoubtedly, the contraceptive method in question has both positive and negative sides, but compliance with all precautions and rules for setting up a contraceptive, conducting a preliminary comprehensive examination of a woman to identify contraindications and further monitoring the patient's condition will minimize the risks of developing unwanted reactions and complications and topics most to preserve her reproductive health.

**Keywords:** intrauterine contraception, pregnancy, levonorgestrel, menorrhagia, endometrium

На сегодняшний день во многих странах мира, в том числе и в Российской Федерации, все еще острой проблемой являются аборт. Несмотря на то, что к 2016 г. частота случаев искусственного прерывания беременности снизилась на 13% по сравнению с предыдущими показателями, цифра все еще остается внушительной (836611 по данным Федеральной службы государственной статистики). К сожалению, аборт все еще является одним из основных методов контроля рождаемости, что может быть связано с рядом социальных, экономических, медицинских причин. В настоящее время все больше развиваются службы планирования семьи, в которых молодые пары могут получить исчерпывающую инфор-

мацию по поводу оптимальных способов предохранения от нежелательной беременности, заболеваний, передающихся половым путем (ЗППП), что безусловно крайне важно в условиях современного общества.

Альтернативой абортам является надежная контрацепция, правильный подбор которой обеспечивает защиту от нежелательной беременности, а следовательно, нивелирует необходимость в ее искусственном прерывании, что позволяет предотвратить тяжелейшие осложнения и сохранить репродуктивное здоровье женщины.

Цель работы: анализ литературы по различным аспектам применения внутриматочной контрацепции и ее влияния на организм женщины.

Сегодня эффективность внутриматочной контрацепции (ВМК) не вызывает сомнений. Около 150 миллионов женщин во всем мире используют ВМК, в России, по данным Минздравсоцразвития, данный способ контрацепции занимает лидирующую позицию по популярности [1].

Существуют несколько видов внутриматочных контрацептивов (ВК), условно их можно разделить на две группы - инертные, которые представляют собой изделия из пластика разнообразной конструкции, и медикаментозные. Последние могут содержать в своем составе металл, чаще всего медь, или гормон. На сегодняшний день Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) рекомендовано отказаться от использования инертных ВМК, так как при их применении достаточно велика частота осложнений и имеются более эффективные и безопасные виды внутриматочных противозачаточных средств [2].

Контрацептивный эффект при ВМК достигается благодаря нескольким механизмам. Во-первых, внутриматочная спираль, находясь в полости матки, препятствует имплантации в основном за счет развития асептического воспаления слизистой оболочки, что приводит к нарушению в ферментных системах [3]. В ходе исследования, проведенного Ю.А. Петровым, было выявлено, что при применении внутриматочных контрацептивов претерпевал изменение ритм активности таких важных ферментов, как щелочная и кислая фосфатазы, лактатдегидрогеназа, что можно характеризовать как временное, обратимое изменение функционального состояния эндометрия. Было отмечено снижение количества гликогена в секреторную фазу и увеличение в пролиферативную, что также вносит свой вклад в развитие контрацептивного действия [4]. Во-вторых, внутриматочная спираль, особенно с добавлением меди, снижает подвижность сперматозоидов, приводит к их гибели. Отмечено, что при использовании ВМК усиливается перистальтическая активность маточных труб, что в конечном итоге приводит к слишком быстрому продвижению в полость матки оплодотворенной яйцеклетки, еще недостаточно подготовленной к процессу имплантации. В дополнение к вышеизложенному, за счет имеющегося места повышения синтеза простагландинов, оказывающих стимулирующее влияние на тонус миометрия, наблюдается рост сократительной активности матки.

Принципиально новым этапом в усовершенствовании ВМК является создание гормональных внутриматочных систем (ВМС), главным действующим веществом

в которых на сегодняшний день является левоноргестрел (ЛНГ), считающийся самым активным из группы гестагенов, оказывающий тормозное влияние на гипоталамус и гипофиз по механизму обратной связи, обладающий антиэстрогенным действием, а также имеющий слабый антиандрогенный эффект. Данное медицинское изделие представляет собой систему по форме напоминающую букву Т, выполненную из пластика, вокруг вертикальной части имеется резервуар, который содержит 52 мг активного вещества – левоноргестрела, высвобождающегося порционно, по 20 мкг в сутки. Методика введения гормонсодержащей ВМС отличается от таковой при постановке внутриматочных контрацептивов первого и вторых поколений. В данном случае может потребоваться расширение цервикального канала и применение анестезии, что обусловлено большим диаметром ВМС [5].

Несомненным преимуществом вышеописанной ВМС является сочетание контрацептивного эффекта гормональных препаратов и классических внутриматочных контрацептивов. Действующее вещество ЛНГ способствует сгущению и изменению физических и химических свойств слизи, заполняющей цервикальный канал, что препятствует продвижению сперматозоидов. Также выявляется изменение морфологии эндометрия, наблюдается его истончение, уменьшаются железы, что препятствует имплантации.

Безусловно, внутриматочная контрацепция имеет ряд преимуществ. Во-первых, это высокая эффективность – индекс Перля 0,9–3 (для гормональных ВМС 0,1–0,05). Во-вторых, одним из немаловажных свойств ВМК является отсутствие системного воздействия на организм, даже при использовании ВМС с ЛНГ. В ходе ряда исследований было показано, что сывороточная концентрация левоноргестрела мала и недостаточна для подавления активности оси гипоталамус – гипофиз – яичники, следовательно, в большинстве случаев, не происходит торможения процесса овуляции. Бесспорно, огромным плюсом в применении внутриматочных контрацептивов является быстрое восстановление фертильности, что подтверждается наблюдениями, в ходе которых было замечено, что у большинства женщин восстановление репродуктивной функции и наступление беременности возникали в течение года. Нельзя не отметить, что большой вес имеет экономический аспект. Внутриматочную спираль вводят однократно на достаточно длительный срок, и она имеет относительно небольшую стоимость. И конечно удобство для женщи-

ны обеспечивается отсутствием необходимости в регулярном контролируемом приеме медикаментов [6].

Для предупреждения развития осложнений перед постановкой внутриматочной системы необходимо провести комплексное обследование пациентки, а именно:

- исследование мазков на флору;
- определение инфекций, передаваемых половым путем (ИППП);
- ультразвуковое исследование органов малого таза;
- кольпоскопию;
- общеклинические исследования (ОАК, ОАМ);
- сбор анамнеза.

Установка внутриматочного контрацептива желателно должно производиться в определенные сроки, хотя имеются мнения, что введение ВМК может проводиться в любое время, но все же наиболее благоприятным периодом являются первые дни цикла. Безусловно, необходимо учитывать наличие противопоказаний, состояние женщины, что еще раз доказывает необходимость как можно более полного обследования пациентки. Несомненным преимуществом данного метода контрацепции является возможность использования его сразу после родов или прерывания беременности. Однако отмечено, что в послеродовом периоде за счет повышенной сократительной активности возможно самопроизвольное выпадение спирали (экспульсия) и рекомендовано вводить ВМК не ранее чем через 1–1,5 месяца [7].

Крайне важно организовать наблюдение за пациенткой после постановки внутриматочного контрацептива. Первый прием проводят через неделю, его целью является проверка правильности постановки ВМК, также при необходимости проводят ультразвуковое исследование. Далее осмотр проводят через месяц, а в последующем раз в полгода, при этом необходимо исследование мазков отделяемого шейки матки. Женщину обучают ежемесячно по окончании очередной менструации самостоятельно определять наличие нитей для предупреждения экспульсии контрацептива [8].

Одним из осложнений, наиболее часто встречающихся при применении ВМК, являются кровотечения (мено- и метроррагии), в большей степени это касается медьсодержащих контрацептивов. Значительное увеличение потери крови приводит к развитию железодефицитных состояний, что во многих случаях требует удаления внутриматочной спирали. Данная проблема как раз и была решена с созданием гормонсодержащих внутриматочных систем. Левонор-

гестрел, оказывая локальное действие на эндометрий, способствует уменьшению как длительности, так и объема менструального кровотечения. Отмечено, что у части женщин через 12 месяцев наступает аменорея, причем данное состояние не сопровождается снижением концентрации эстрогенов, так как не происходит влияния на центральные регуляторные механизмы, а имеет место только лишь местное воздействие ЛНГ на слизистую оболочку матки [9].

К недостаткам рассматриваемого метода контрацепции можно отнести повышенный риск развития эндометрита и воспалительных процессов в других органах малого таза, особенно в первое время после постановки ВМК, достаточно часто наблюдающиеся боли в нижней части живота, а также нежелательность применения у пациенток, не имеющих родов в анамнезе. Это обусловлено тем, что последние имеют отличающуюся по форме и длине матку, что затрудняет постановку ВМС, также показано, что у данных женщин значительно выше вероятность развития осложнений [10].

Осложнения при использовании внутриматочных контрацептивов могут появляться на различных этапах. В момент постановки медицинского изделия за счет механического воздействия и анатомических особенностей возможны повреждения шейки матки, в частности ее разрывы, кровотечения, прободение стенки матки. Редко отмечаются головокружение, тошнота, потеря сознания, что связано с рефлекторной активацией *n. vagus*. Непосредственно в период экспульсации внутриматочного контрацептива, как уже упоминалось выше, возможны болевые ощущения, кровотечения, развитие воспалительных процессов, экспульсия.

Сегодня проводится все больше исследований, целью которых является выявление морфологических изменений тканей при использовании внутриматочных контрацептивов [11]. Так, показано, что в месте контакта медицинского изделия с эндометрием образуются воспалительные инфильтраты. Часть ученых трактует данное явление как проявление асептического воспаления и реакции на инородное тело, однако некоторые склонны полагать, что имеет место развитие хронического эндометрита [12]. При длительном использовании ВМК в месте контакта могут возникать атрофические изменения. В определенном проценте случаев встречаются гиперпластические процессы, в частности развитие железистой гиперплазии, однако показано, что митотическая активность, хотя и претерпевает изменения, не носит такого выраженного характера, как при предраковых процессах, и легко под-

дается гормональной терапии. В качестве местной реакции могут наблюдаться фибротические изменения [13].

М.Н. Мавлонова в ходе проведенного исследования выявила, что у женщин, использующих внутриматочный метод контрацепции, имеются разнообразные изменения шейки матки патологического характера, так, например, более чем у половины женщин были выявлены элементы эктопии, зоны воспаления [14, 15].

М.Б. Назирова считает, что при использовании ВМК возникает нарушение в нормальной микрофлоре влагалища и возникают различного рода дисбиотические состояния, что может быть связано с несоблюдением правил постановки медицинского изделия в полость матки, также имеет значение длительность использования контрацептива [16].

Результат исследования, проведенного М.Т. Хамдамовой, показал, что длительное использование медьсодержащих ВМК (более 2 лет) приводит к повышению концентрации и накоплению метгемоглобина, а также снижению активности фермента его инактивирующего, что обуславливает развитие гипоксии. Вторично активируются свободнорадикальные процессы и падает эффективность антиоксидантных систем, что усугубляет состояние [17].

Особый интерес представляет вопрос применения внутриматочной контрацепции у женщин после 40 лет. Применение ВМК 2 поколения может иметь негативную сторону в виде развития кровотечений, вероятность появления которых и так увеличивается в перименопаузе [18]. Данная проблема может быть решена использованием контрацептивов 3 поколения. Левоноргестрел, являющийся активным компонентом, за счет локального действия на слизистую оболочку матки уменьшает объем кровопотери, а также при приеме пациенткой препаратов эстрогенов в качестве заместительной терапии может защищать от развития гиперпластических процессов. И конечно, не стоит забывать, что даже у женщин в климактерическом периоде все еще остается вероятность наступления беременности, а ВМК обладают высокой контрацептивной активностью. При опросе, проведенном среди женщин старше 40 лет, было выяснено, что более 90% из них предпочитали в качестве метода контрацепции внутриматочную спираль [19].

Важно отметить, что в отличие от оральных контрацептивов, гормональные ВМК не оказывают негативного влияния на систему гемостаза, липидный обмен, массу тела, показатели артериального давления.

Однако имеется возможность влияния левоноргестрела на толерантность к глюкозе, поэтому применение внутриматочных контрацептивов у больных с сахарным диабетом должно проводиться с осторожностью и необходим постоянный контроль за показателями глюкозы крови [20, 21].

С появлением гормонвысвобождающих внутриматочных систем ученые все больше стали задумываться над тем, а можно ли использовать ВМК с лечебной целью при ряде патологий. Это имело бы ряд преимуществ, так как есть возможность получить нужный эффект и избежать системных нежелательных реакций, присущих, например, гормональным препаратам, применяющимся перорально, а также плюс ко всему остается еще и основное контрацептивное действие [22]. На сегодняшний день имеется немало данных об эффективности гормонсодержащих ВМС при различных заболеваниях. Например, остро стоящая проблема дисфункциональных маточных кровотечений (ДМК), в частности меноррагий, заставила искать новые, менее травматичные, чем хирургическое лечение, методы терапии. Было показано, что левоноргестрелсодержащая внутриматочная система имела достаточно высокую эффективность при данной патологии, что позволило многим женщинам избежать оперативного вмешательства. Также применение ВМК возможно при таких патологиях как эндометриоз, дисменорея, миома матки, гиперплазия эндометрия [23–25].

Отмечено, что заместительная терапия гормонами (ЗГТ) с применением только препаратов эстрогенов повышает риск развития гиперпластических процессов в эндометрии и злокачественных новообразований. Поэтому считается необходимым дополнительный прием гестагенов. Однако, для реализации защитных эффектов последних их концентрация должна быть довольно высокой, что может приводить к возникновению нежелательных системных эффектов. Было предложено использовать гормонсодержащие внутриматочные системы вместо перорального приема гестагенов. По данным ряда исследований данная альтернатива явилась весьма эффективной [26, 27].

Показаниями к удалению внутриматочного контрацептива служат:

- истечение срока использования ВМК;
- менопауза;
- развитие осложнений или состояний, препятствующих дальнейшему использованию ВМК;
- собственное желание пациентки.

### Заключение

Итак, использование внутриматочных контрацептивов сегодня является не только эффективным и популярным методом предохранения от нежелательной беременности, но и еще, за счет создания гормон-высвобождающих внутриматочных систем, весьма действенным методом лечения многих распространенных патологий репродуктивной системы. Совершенствование ВМК позволило повысить контрацептивный эффект и снизить частоту развития нежелательных реакций. Безусловно, залогом успешного использования внутриматочных контрацептивов является полное предварительное обследование женщины, выявление всех возможных противопоказаний, соблюдение правил постановки ВМС, и конечно же, последующий регулярный контроль. Несомненно, дальнейшие исследования и открытия в данной области позволят добиться весомых результатов и, возможно, найти новые области применения внутриматочных контрацептивов. Соблюдение всех правил и предосторожностей как со стороны врача, так и со стороны женщины минимизирует риск осложнений и нежелательных последствий, а эффективность и удобство ВМК позволяет ей становиться все более популярным и наиболее часто предпочитаемым методом контроля рождаемости во всем мире [28].

### Список литературы

1. Мухамедшина В.Р., Соколова Т.М. Влияние методов контрацепции на репродуктивное здоровье женщин // Сибирский медицинский журнал. 2011. № 3. С. 66–68.
2. Петров Ю.А., Рымашевский Н.В., Ковалева Э.А. Внутриматочная контрацепция. Ростов-на-Дону: Издат. Ростовского университета, 1990. 176 с.
3. Петров Ю.А. О механизме противозачаточного действия внутриматочных средств // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 8–5. С. 724–726.
4. Петров Ю.А. Содержание энзимов в слизистой оболочке матки при внутриматочной контрацепции // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2. С. 8–11.
5. Тихомиров А.Л., Сарсания С.И. Внутриматочная гормональная контрацепция – локальная и логичная // Медицинский совет. 2014. № 9. С. 8–11.
6. Серов В.Н. Современная контрацепция: алгоритм индивидуального выбора // Медицинский совет. 2013. № 8. С. 8–12.
7. Галущенко Е.М. Актуальные вопросы внутриматочной контрацепции (обзор литературы) // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 9–1. С. 37–40.
8. Малахова А.А. Актуальные вопросы использования внутриматочных противозачаточных средств // Синергия наук. 2017. № 16. С. 755–770.

9. Путивцева Т.В. Побочные эффекты при применении внутриматочных противозачаточных средств (обзор литературы) // Синергия наук. 2017. № 18. С. 1015–1022.
10. Комарова В.С., Хлыбова С.В., Зайцева Е.Г. Течение воспалительных заболеваний органов малого таза на фоне длительного применения внутриматочных контрацептивов // Вятский медицинский вестник. 2010. № 3. С. 8–14.
11. Петров Ю.А. Клинико-морфологическая характеристика и онкологические аспекты применения внутриматочных контрацептивов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Краснодар, 1984. 18 с.
12. Петров Ю.А. Воздействие продолжительной внутриматочной контрацепции на эндометрий // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 6–9.
13. Петров Ю.А. Состояние слизистой оболочки матки при длительной внутриматочной контрацепции // Советская медицина. 1986. № 5. С. 102–105.
14. Мавлонова М.Н. Кольпоскопические особенности шейки матки при использовании внутриматочной спирали // Вестник Авиценны. 2016. № 4. С. 46–48.
15. Петров Ю.А. Состояние эндо- и эктоцервикса женщин, применяющих внутриматочную контрацепцию // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 7–9.
16. Назирова М.Б. Микробиоценоз половых путей женщин фертильного возраста, использующих внутриматочные контрацептивы (спираль) // Академический журнал Западной Сибири. 2013. № 1 (44). С. 7–9.
17. Хамдамова М.Т. Оценка некоторых показателей метаболизма в эритроцитах у женщин, длительно применяющих медьсодержащие внутриматочные спирали // Журнал теоретической и клинической медицины. 2016. № 3. С. 94–98.
18. Доброхотова Ю.Э., Сапрыкина Л.В. Особенности контрацепции у женщин пременопаузального возраста // Медицинский совет. 2015. № 9. С. 39–41.
19. Зайдиева Я.З. Контрацепция у женщин в менопаузе // Российский вестник акушера-гинеколога. 2017. № 6. С. 25–33.
20. Петренко С.А. Проблемы применения внутриматочной контрацепции у пациенток с сахарным диабетом // Вестник неотложной и восстановительной медицины. 2010. № 2. С. 199.
21. Антропова Е.Ю., Тухватуллина Л.М. Контрацепция у больных сахарным диабетом // Гинекология. 2007. № 6. С. 23–25.
22. Плакидин М.В. Контрацептивная активность и лечебные аспекты ЛНГ-ВМС // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2015. № 1 (36). С. 85–86.
23. Озолина Л.А., Патрушев Л.И., Болдина Е.Б. Современные представления о патогенезе гиперпластических процессов эндометрия и возможности их лечения // Лечение и профилактика. 2013. № 2 (6). С. 106–112.
24. Прилепская В.Н., Бостанджян Л.Л. Мирена-контрацепция и гормональная терапия // Эффективная фармакотерапия. 2008. № 13. С. 22–31.
25. Курникова С.П. О необходимости дифференцированного подхода к лечению миомы матки левоноргестрел-рилизинг системой Мирена // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2013. № 2. С. 74.
26. Демидова М.А. Основные средства заместительной гормонотерапии, применяемые в менопаузе и климактерическом периоде // Тверской медицинский журнал. 2014. № 2. С. 39.
27. Попкова А.В., Миланян А.Э. Особенности современной заместительной гормональной терапии в климактерическом периоде // Вестник последипломного медицинского образования. 2012. № 1. С. 19–22.
28. Петров Ю.А. Семья и здоровье. М.: Медицинская книга, 2014. 312 с.

УДК 616.36-006

**ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ГЕПАТОЦЕЛЛЮЛЯРНОЙ КАРЦИНОМЫ****<sup>1,2</sup>Щеголев А.И., <sup>1</sup>Туманова У.Н., <sup>2</sup>Мишнёв О.Д.**<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва;

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, e-mail: ashegolev@oparina4.ru

Гепатоцеллюлярная карцинома характеризуется неуклонным ростом числа заболеваний с высоким процентом летальных исходов. Проведен анализ данных литературы, посвященных факторам риска развития гепатоцеллюлярной карциномы. Наиболее существенными факторами риска являются цирроз печени, а также инфицирование вирусом гепатита В и/или С. Наличие цирроза печени повышает риск развития гепатоцеллюлярной карциномы более чем в 30 раз. Частота развития карциномы на фоне цирроза печени зависит от его этиологии. В большинстве стран преобладают поствирусные циррозы печени. У больных, инфицированных HBV, риск развития карциномы печени повышен в 15–20 раз по сравнению с неинфицированными. У пациентов, инфицированных только HCV, риск развития гепатоцеллюлярной карциномы повышен примерно в 17 раз. В ряде стран преобладает карцинома печени, развившаяся на фоне алкогольного цирроза печени. В последние годы прогрессивно возрастает заболеваемость неалкогольной жировой болезнью печени и соответственно развитие на ее фоне карциномы. Важными факторами риска также являются сахарный диабет и ожирение. Выявление факторов риска развития гепатоцеллюлярной карциномы, несомненно, будет способствовать разработке более эффективных методов патогенетической профилактики и лечения.

**Ключевые слова:** печень, гепатоцеллюлярная карцинома, фактор риска, цирроз, гепатит**RISK FACTORS OF HEPATOCELLULAR CARCINOMA****<sup>1,2</sup>Shchegolev A.I., <sup>1</sup>Tumanova U.N., <sup>2</sup>Mishnev O.D.**<sup>1</sup>National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I. Kulakov, Ministry of Health of Russia, Moscow;<sup>2</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University,

Ministry of Health of Russia, Moscow, e-mail: ashegolev@oparina4.ru

Hepatocellular carcinoma is characterized by a steady increase in the number of diseases with a high percentage of deaths. The analysis of the literature data on the risk factors of hepatocellular carcinoma is carried out. The most significant risk factors are cirrhosis of the liver, as well as infection with the hepatitis B virus and/or C. The presence of cirrhosis increases the risk of hepatocellular carcinoma by more than 30 times. The incidence of carcinoma on the background of cirrhosis depends on its etiology. Post-virus cirrhosis predominates in most countries. The risk of the liver carcinoma development increase by 15-20 times in patients who are infected with HBV, compared with uninfected. In patients infected with HCV only, the risk of the liver hepatocellular carcinoma development increase about 17 times. In a number of countries, liver carcinoma, which is developed on the background of alcoholic liver cirrhosis of the liver, predominates. In recent years, the incidence of non-alcoholic fatty liver disease and, accordingly, the development of carcinoma on its background has been progressively increasing. Diabetes and obesity are also important risk factors. The identification of the hepatocellular carcinoma risk factors contributes to the development of more effective methods of pathogenetic prevention and treatment, undoubtedly.

**Keywords:** liver, hepatocellular carcinoma, risk factor, cirrhosis, hepatitis

Гепатоцеллюлярная карцинома (ГЦК) является наиболее частым вариантом злокачественной опухоли печени. По данным Всемирной Организации Здравоохранения в 2012 г. было зарегистрировано 782000 случаев заболевания ГЦК, 83% из которых пришлось на менее развитые страны. Наиболее высокие показатели заболеваемости (более 15 на 100000 населения) наблюдались в странах Восточной Азии и южного полушария Африки, наиболее низкие (менее 5 на 100000) – в странах Северной Европы [1]. В Российской Федерации распространенность первичных злокачественных опухолей печени (С22 МКБ-10) достигла в 2017 г. 5,6 на 100000 населения. Удельный

вес больных с IV стадией новообразований печени от количества больных с впервые в жизни установленным диагнозом злокачественного новообразования составил 58%, что определило показатели летальности в течение года с момента установления диагноза – 69,7%. Наиболее высокие показатели летальности были зарегистрированы в Магаданской области (88,9%), Томской области (73,5%) и Республике Хакасия (65,7%) [2]. В этой связи актуальной задачей является выяснение факторов риска развития ГЦК.

Цель работы: анализ данных литературы о факторах риска и причинах развития гепатоцеллюлярной карциномы.

Основным фактором риска развития первичного рака печени, включая ГЦК, является цирроз печени [3]. Развитие ГЦК на фоне цирроза печени представляет собой многоступенчатый процесс в виде прогрессирования тканевого и клеточного атипизма гепатоцитов, а также изменений васкуляризации новообразованных диспластических узелков [4].

Наличие цирроза печени повышает риск развития ГЦК более чем в 30 раз и внутрипеченочной холангиокарциномы в 10–20 раз по сравнению с пациентами, не имеющими цирроза [5]. Именно поэтому порядка 80–90% больных с ГЦК страдают циррозом печени [3]. Такой высокий риск развития первичного рака печени обусловлен тем, что цирроз является конечным этапом прогрессирования большого ряда поражений и заболеваний печени. При этом следует учитывать, что у большей части больных цирроз печени носит компенсированный характер и соответственно протекает бессимптомно. В таких случаях появление симптомов и, соответственно, диагностика заболевания происходит либо при наступлении фазы декомпенсации цирроза печени, либо при появлении признаков новообразования. Более 20% наблюдений ГЦК диагностируется одновременно с циррозом печени. Важно помнить, что наличие цирроза является одним из состояний, определяющих клиническую стадию ГЦК [6].

Наиболее частыми этиологическими факторами развития ГЦК во всем мире считаются вирусы гепатита В (HBV) и С (HCV), которые выявляются в 40–50% от всех наблюдений. В США, по данным [7], 45–55% новых случаев ГЦК связаны с HCV, 10–15% – с HBV, 5% – с коинфицированием HCV и HBV и только в 30–35% вирусы гепатита В и С не определяются. В другом исследовании, основанном на анализе 10708 больных, проживающих в США и у которых с 2001 по 2011 г. была диагностирована ГЦК, вирусы HBV и HCV определялись примерно в 25% наблюдений ГЦК [8]. Тем не менее вирусы HBV и HCV расцениваются в качестве основных факторов риска развития цирроза печени, имеющегося у 80–90% больных с ГЦК [9].

Согласно данным мировой статистики наиболее распространенным фактором риска развития ГЦК является HBV, на долю которого приходится примерно половина всех наблюдений первичного рака печени. Именно поэтому максимальные значения показателя заболеваемости ГЦК зарегистрированы в странах Восточной Азии (Северной и Южной Кореи, Китае и Вьетнаме) и южного полушария Африки, где высокая

инфицированность HBV. Действительно, у пациентов, инфицированных HBV, риск развития ГЦК повышен в 15–20 раз по сравнению с неинфицированными. Более того, серологические маркеры вирусного гепатита В (HBsAg и/или HBcAg) выявляются у 80–90% больных с карциномой печени даже в регионах, характеризующихся низкими показателями заболеваемости первичными опухолями печени. При этом только генотипы С, D и, возможно, В вируса гепатита В связаны с высокой частотой развития ГЦК. Подавляющее большинство (70–90%) случаев HBV-ассоциированной ГЦК возникает после развития цирроза печени [9]. Показатели заболеваемости ГЦК среди инфицированных HBV больных с циррозом печени значимо выше по сравнению с инфицированными пациентами без цирроза: 3,16 против 0,1 на 100 человек в год [5].

Примечательно, что заболеваемость ГЦК пациентов неактивных вирусоносителей HBV, хронических вирусоносителей без цирроза и хронических носителей с компенсированным циррозом печени в США составляет 0,02, 0,3 и 2,2 на 100 человек в год.

У пациентов же, инфицированных только HCV, риск развития цирроза печени повышен на 15–35%, при этом период его формирования составляет 25–30 лет [3]. В то же время риск развития ГЦК у инфицированных HCV повышен примерно в 17 раз [10]. В случае развития цирроза, обусловленного HCV инфекцией, риск развития ГЦК повышается на 1–4% в год [9]. Хотя имеются описания наблюдений развития ГЦК у HCV инфицированных пациентов и в отсутствие цирроза печени.

Как и в случаях HBV инфекции риск развития ГЦК у инфицированных HCV зависит от ряда дополнительных условий, в частности расы, злоупотребления алкоголем, наличия диабета и вторичной вирусной инфекции (HBV или HIV) [11]. Имеются указания зависимости и от генотипа HCV: генотип 1b ассоциирован с повышением риска ГЦК на 78% по сравнению с другими генотипами и на 60% среди больных с циррозом печени. В то же время генотип 3 HCV считается наиболее тяжелым для элиминации из организма и связанным с высоким риском развития цирроза [12].

Особого внимания заслуживает тот факт, что пациенты с сочетанной HBV и HCV инфекцией имеют в 2–6 раз более высокий риск развития ГЦК по сравнению с лицами, инфицированными только HBV или HCV. При этом риск развития ГЦК у инфицированных HBV увеличивается, если инфицирование произошло в молодом возрасте или речь идет о пожилom больном с хрониче-

ской инфекцией, при употреблении крепкого алкоголя или курении [9]. В основе такого сочетанного действия лежит аддитивный (суммарный) и мультипликативный (умножаемый) эффект HBV и HCV на клетки печени. К положительным моментам следует отнести защитный эффект противовирусных препаратов для лечения HBV: применение ламивудина приводит к снижению в 2 раза развития ГЦК [13].

Другие виды цирроза также повышают риск развития ГЦК. Так, в результате популяционного когортного исследования 1847 шведских больных с наследственным гемохроматозом и 5973 их родственников первой линии у 62 пациентов отмечалось развитие ГЦК со стандартизированным коэффициентом заболеваемости 21 (95% доверительный интервал 16–22). Более высокий риск зарегистрирован для мужчин по сравнению с женщинами, при этом практически отсутствовал риск развития злокачественных опухолей других органов (стандартизированный коэффициент заболеваемости 1,2; 95% доверительный интервал 1,0–1,4) [14].

В литературе имеются указания, что первичный билиарный цирроз печени также является фактором риска развития ГЦК: при 3-летнем наблюдении за 273 больными с первичным билиарным циррозом заболеваемость ГЦК составила 5,9% [14]. У больных с циррозом печени, обусловленным дефицитом альфа-1-антитрипсина, показатель заболеваемости составил 0,9% в год после 5,2 лет наблюдения [15].

В этой связи динамическое наблюдение за больными, страдающими циррозом печени, включающее в себя определение онкомаркеров в сыворотке крови и неинвазивное исследование ткани печени, считается одним из эффективных путей профилактики развития опухолей печени. При этом актуальной задачей ультразвуковой и лучевой диагностики является разработка дифференциально-диагностических критериев ГЦК как на фоне цирроза печени, так и при его отсутствии [16, 17].

Говоря о циррозах печени, следует остановиться на так называемой неалкогольной жировой болезни печени. Развитие последней ассоциировано с метаболическими расстройствами у лиц, не злоупотребляющих алкоголем, и характеризуется прогрессирующим стеатозом через стеатогепатит в цирроз печени [18]. По данным метаанализа, проведенного Z.M. K.A. Younossi с соавт. [19], неалкогольная жировая болезнь печени выявляется почти у трети мирового населения. В США в период с 2004 г. по 2009 год было зарегистрировано 4929 больных с ГЦК. Из них в 14,9% наблюдений

отмечалась связь с неалкогольной жировой болезнью печени, вследствие чего в 2004–2009 гг. ежегодный прирост ГЦК, связанной с неалкогольной жировой болезнью печени, составил 9% [20].

В результате сравнительного анализа 315 больных с циррозом печени, обусловленным инфекцией HCV, и 195 пациентов с циррозом, развившимся в исходе неалкогольной жировой болезни печени, было установлено, что частота развития ГЦК составила 4,0 и 2,6% в первом и втором случае соответственно [21]. Японские исследователи показали, что риск развития ГЦК у больных с неалкогольной жировой болезнью печени с наличием фиброза в 25 раз выше по сравнению с наблюдениями без фиброза печени [22]. По мнению большинства исследователей, к факторам риска развития ГЦК следует относить только неалкогольную жировую болезнь печени с наличием цирроза. Тем не менее ГЦК встречается и у больных с неалкогольной жировой болезнью печени без сформированного цирроза, хотя и менее чем в 1% наблюдений. Примечательно, что в США неалкогольный стеатогепатит выходит на второе место по частоте среди показаний для проведения трансплантации печени при ГЦК [20].

В этой связи заслуживают внимания выводы R.V. W.R. Peumrail с соавт. [23], сделанные на основании обследований 6991 больного в возрасте старше 68 лет с ГЦК. Авторы установили, что устранение сахарного диабета и ожирения, являющихся основными патологиями, ассоциированными с неалкогольной жировой болезнью печени, приведет к снижению заболеваемости ГЦК на 40%, что намного больше, если устранить другие причины, включая инфицирование HCV.

Злоупотребление алкоголем также относится к факторам, повышающим риск развития ГЦК [24]. В соответствии с заключением Международного агентства по изучению рака (International Agency for Cancer Research), этанол и ацетальдегид считаются канцерогенами группы 1 для человека. Хотя риск развития ГЦК у лиц, злоупотребляющих алкоголем (1,5–3), ниже по сравнению с больными вирусными гепатитами (15–25), тем не менее от 13% до 23% наблюдений ГЦК связаны с алкоголем [8]. При этом онкогенный эффект алкоголя усиливается другими факторами риска, в частности сопутствующими хроническими заболеваниями печени (особенно вирусными гепатитами) и ожирением. Согласно данным литературы [24], развитие рака печени при употреблении алкоголя обусловлено как прямым генотоксиче-

ским эффектом его метаболитов, главным образом ацетальдегида, так и опосредованно через развитие цирроза печени.

К сожалению, в ряде стран алкоголь является основной причиной развития цирроза и затем ГЦК. Так, во Франции частота ГЦК, развившейся на фоне алкогольного цирроза печени, на 60% больше по сравнению с наблюдениями гепатита В и С и неалкогольного стеатогепатита. По данным французского и бельгийского проспективного многоцентрового исследования CIRRAL, заболеваемость ГЦК на фоне компенсированного алкогольного цирроза печени составляет 2,9 на 100 пациентов в год [25].

По заключению Международного агентства по изучению рака, курение также расценивается в качестве фактора риска развития первичного рака печени. В результате проведенного метаанализа Y.C. Lee с соавт. [26] установили, что риск развития рака печени повышен на 51% у курильщиков и на 12% у бросивших курить по сравнению с лицами, никогда не курившими. В другом случай-контроль исследовании было показано, что значимыми факторами риска развития рака печени являются постоянство и длительность курения лицами мужского пола [27].

К независимым факторам риска развития ГЦК относятся ожирение и сахарный диабет. Наиболее доказанными звеньями патогенеза неалкогольной жировой болезни печени и затем ГЦК являются инсулинорезистентность с последующим развитием воспалительных реакций и повреждений клеток.

При проспективном исследовании более 900000 взрослых американских пациентов (404576 мужчин и 495477 женщин) было установлено, что избыточная масса тела и ожирение сопровождалось значимым повышением показателей смертности от рака пищевода, ободочной и прямой кишки, печени, желчного пузыря, поджелудочной железы и почек. Для карциномы печени отношение шансов составило 4,52 для мужчин и 1,68 для женщин. При сахарном диабете риск развития ГЦК был выше в 2–3 раза независимо от наличия других факторов риска [28]. E.J. Raff с соавт. [29] установили, что у больных сахарным диабетом по сравнению с пациентами без него более высокая вероятность развития цирроза печени (70% против 59%,  $p = 0,005$ ) и ГЦК (8% против 3%,  $p = 0,009$ ).

Молекулярно-генетическими методами было доказано, что полиморфизм гена PNPLA3 (Patatin-Like Phospholipase Domain Containing 3), известного также как адипо-

нутрин, способствует развитию стеатоза, а также неалкогольной жировой болезни, фиброза и цирроза печени [39=Speliotes=16 из 2017 Said]. В результате проведенного мета-анализа, основанного на 24 статьях, A.G. Singal с соавт. [30] показали, что наиболее выраженные изменения ткани печени наблюдались у гомозигот по rs738409 G-аллелю, у которых отношение шансов развития ГЦК на фоне неалкогольной жировой болезни печени с признаками цирроза составило 1,4.

Кроме того, метаболический синдром и метаболическая стеатопатия также являются факторами риска развития ГЦК в отсутствие цирроза [31]. Развитие ГЦК на фоне метаболической стеатопатии сопровождается уменьшением показателей выживаемости и снижением возможностей лечения путем трансплантации печени. Более того, оперативное лечение по поводу ГЦК у больных с метаболическим синдромом также существенно затруднено из-за частого наличия сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний.

В основе онкогенного эффекта гиперинсулинемии, связанной с 3-кратным увеличением риска развития ГЦК, лежит регулирующее влияние инсулина на выраженность процессов пролиферации клеток и противовоспалительных реакций. Именно поэтому метформин, обладающий сахаропонижающим действием, снижает риск развития ГЦК за счет антипролиферативного эффекта [32].

В результате анализа данных литературы можно заключить, что практически любые состояния, приводящие к развитию хронических поражений печени, могут способствовать процессам канцерогенеза.

Следует также отметить, что развитие ГЦК имеет гендерные отличия. В регионах с низкой заболеваемостью ГЦК встречается у мужчин в 4 раза чаще, а в районах с высокой распространенностью – примерно в 8 раз чаще. При этом соотношение мужчин и женщин варьирует от 2:1 до 7:1 в отношении ГЦК, развившейся на фоне вирусной инфекции и неалкогольной жировой болезни печени соответственно [33]. Преобладание ГЦК среди мужчин обычно объясняют более частым развитием у них поражений и хронических болезней печени, в частности, в результате сочетанного воздействия алкоголя и курения.

Большая роль принадлежит и половым гормонам и их рецепторам, поскольку андроген и эстрогены оказывают различное влияние на пролиферацию и гибель клеток. Так, экспериментальная орхидэктомия уменьшает частоту развития опухолей

под действием химических канцерогенов у крыс-самцов до уровня крыс-самок. Аналогичный, но менее выраженный эффект отмечался и при применении стильбэстрола или эстрадиола. Вместе с тем длительное (более 5 лет) применение пероральных контрацептивов приводит к увеличению риска развития ГЦК у женщин.

Кроме того, определенное значение имеют гендерные отличия локализации и состава жировых отложений. У мужчин отмечается примерно на 30% больше висцеральной жировой ткани по сравнению с женщинами, что является причиной развития преимущественно центрального ожирения. Увеличение объема висцерального жира приводит к повышению инсулинорезистентности и связанному с ней поражению клеток печени. Соответственно, более высокий уровень метаболической активности клеток висцерального жира определяет проканцерогенный эффект у мужчин. И, наоборот, более выраженные отложения подкожного жира играют защитную роль в отношении развития ГЦК [33].

Таким образом, на основании проведенного анализа данных литературы можно заключить, что возникновение ГЦК зависит от ряда факторов. Наиболее существенными факторами риска являются цирроз печени, а также инфицирование вирусом гепатита В и/или С. Частота развития ГЦК на фоне цирроза печени зависит от его этиологии. В большинстве стран преобладает цирроз печени, обусловленный вирусным гепатитом. В ряде регионов это алкогольный цирроз печени. В последние годы прогрессивно возрастает заболеваемость неалкогольной жировой болезнью печени и, соответственно, ГЦК, развившейся на ее фоне. Важными факторами риска также являются сахарный диабет и ожирение. Выяснение факторов риска развития ГЦК, несомненно, будет способствовать разработке более эффективных методов патогенетической профилактики и лечения.

#### Список литературы

1. Ferlay J., Soerjomataram I., Dikshit R. et al. Cancer incidence and mortality: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *Int. J. Cancer*. 2015. Vol. 136. P. E359–E386.
2. Состояние онкологической помощи населению России в 2017 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. 236 с.
3. Щеголев А.И., Мишнев О.Д. Онкоморфология печени. М.: Издательство РГМУ, 2006. 251 с.
4. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Мишнев О.Д. Классификация и морфологическая характеристика гепатоцеллюлярных узелковых поражений печени // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 1–1. С. 71–75.
5. Thiele M., Gluud L.L., Fiolla A.D. et al. Large variations in risk of hepatocellular carcinoma and mortality in treatment naive hepatitis B patients: systematic review with meta-analyses. *PLoS One*. 2014. Vol. 9. P.e107177.
6. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Системы стадирования гепатоцеллюлярного рака // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2016. № 7. С. 121–128.
7. Mittal S., El-Serag H.B. Epidemiology of hepatocellular carcinoma: consider the population. *J. Clin. Gastroenterol.* 2013. V. 47(suppl). P.S2–S6.
8. Makarova-Rusher O.V., Altekruze S.F., McNeel T.S. et al. Population attributable fractions of risk factors for hepatocellular carcinoma in the United States. *Cancer*. 2016. Vol. 122. P. 1757–1765.
9. El-Serag H.B. Epidemiology of viral hepatitis and hepatocellular carcinoma. *Gastroenterology*. 2012. Vol. 142. P. 1264–1273.
10. Donato F., Tagger A., Gelatti U. et al. Alcohol and hepatocellular carcinoma: the effect of lifetime intake and hepatitis virus infections in men and women. *Am. J. Epidemiol.* 2002. Vol. 155. P. 323–331.
11. Chang K.C., Wu Y.Y., Hung C.H. et al. Clinical-guide risk prediction of hepatocellular carcinoma development in chronic hepatitis C patients after interferon-based therapy. *Br. J. Cancer*. 2013. Vol. 109. P. 2481–2488.
12. Raimondi S., Bruno S., Mondelli M.U., Maisonneuve P. Hepatitis C virus genotype 1b as a risk factor for hepatocellular carcinoma development: a meta-analysis. *J. Hepatol.* 2009. Vol. 50. P. 1142–1154.
13. Liaw Y.F., Sung J.J., Chow W.C. et al. Lamivudine for patients with chronic hepatitis B and advanced liver disease. *N. Engl. J. Med.* 2004. Vol. 351. P. 1521–1531.
14. ElMBERG M., Hultcran R., EkboM A. et al. Cancer risk in patients with hereditary hemochromatosis and in their first-degree relatives. *Gastroenterology*. 2003. Vol. 125. P. 1733–1741.
15. Antoury C. Alpha-1 antitrypsin deficiency and the risk of hepatocellular carcinoma in end-stage liver disease. *World. J. Hepatol.* 2015. Vol. 7. P. 1427–1432.
16. Акинфиев Д.М., Бахмутова Е.Е., Беляков Г.А. и др. Лучевая диагностика и малоинвазивное лечение механической желтухи. М., 2010. 259 с.
17. Туманова У.Н., Кармазановский Г.Г., Дубова Е.А., Щеголев А.И. Сравнительный анализ степени васкуляризации гепатоцеллюлярного рака и очаговой узловой гиперплазии печени по данным компьютерно-томографического и морфологического исследований // *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2013. № 12. С. 9–15.
18. Лазебник Л.Б., Радченко В.Г., Голованова Е.В. и др. Неалкогольная жировая болезнь печени: клиника, диагностика, лечение // *Терапия*. 2017. № 3. С. 6–23.
19. Younossi Z.M., Abdelatif D., Fazel Y. et al. Global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease—Meta-analytic assessment of prevalence, incidence, and outcomes. *Hepatology*. 2016. Vol. 64. P. 73–84.
20. Younossi Z.M., Otgonsuren M., Henry L. et al. Association of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) with hepatocellular carcinoma (HCC) in the United States from 2004 to 2009. *Hepatology*. 2015. Vol. 62. P. 1723–1730.
21. Ascha M.S., Hanounch I.A., Lopez R. et al. The incidence and risk factors of hepatocellular carcinoma in patients with nonalcoholic steatohepatitis. *Hepatology*. 2010. Vol. 51. P. 1972–1978.
22. Kawamura Y., Arase Y., Ikeda K. et al. Large-scale long-term follow-up study of Japanese patients with non-alcoholic fatty liver disease for the onset of hepatocellular carcinoma. *Am. J. Gastroenterol.* 2012. Vol. 107. P. 253–261.
23. Perumpail R.B., Wong R.J., Ahmed A. et al. Hepatocellular carcinoma in the setting of non-cirrhotic nonalcoholic fatty liver disease and the metabolic syndrome: US experience. *Dig. Dis. Sci.* 2015. Vol. 60. P. 3142–3148.

24. Щеголев А.И., Туманова У.Н. Роль алкоголя в развитии рака печени // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 11–2. С. 223–227.
25. Rosa I., Denis J., Renard P. et al. A French multicentric longitudinal descriptive study of hepatocellular carcinoma management (the CHANGH cohort): preliminary results. *J. Hepatol.* 2010. Vol. 52. P. S231–S232.
26. Lee Y.C., Cohet C., Yang Y.C. et al. Meta-analysis of epidemiologic studies on cigarette smoking and liver cancer. *Int. J. Epidemiol.* 2009. Vol. 38. P. 1497–1511.
27. Hassan M.M., Spitz M.R., Thomas M.B. et al. Effect of different types of smoking and synergism with hepatitis C virus on risk of hepatocellular carcinoma in American men and women: casecontrol study. *Int. J. Cancer.* 2008. Vol. 123. P. 1883–1891.
28. Davila J.A., Morgan R.O., Shaib Y. et al. Diabetes increases the risk of hepatocellular carcinoma in the United States: a population based case control study. *Gut.* 2005. Vol. 54. P. 533–539.
29. Raff E.J., Kakati D., Bloomer J.R. et al. Diabetes mellitus predicts occurrence of cirrhosis and hepatocellular cancer in alcoholic liver and non-alcoholic fatty liver diseases. *J. Clin. Transl. Hepatol.* 2015. Vol. 3. P. 9–16.
30. Singal A.G., Manjunath H., Yopp A.C. et al. The effect of PNPLA3 on fibrosis progression and development of hepatocellular carcinoma: a meta-analysis. *Am. J. Gastroenterol.* 2014. Vol. 109. P. 325–334.
31. Mittal S., El-Serag H.B., Sada Y.H. et al. Hepatocellular carcinoma in the absence of cirrhosis in United States veterans is associated with nonalcoholic fatty liver disease. *Clin. Gastroenterol. Hepatol.* 2016. Vol. 14. P. 124–131.
32. Chen H.P., Shieh J.J., Chang C.C. et al. Metformin decreases hepatocellular carcinoma risk in a dose-dependent manner: population-based and in vitro studies. *Gut.* 2013. V. 62. P. 606–615.
33. Cheung O.K., Cheng A.S. Gender differences in adipocyte metabolism and liver cancer progression. *Front. Genet.* 2016. Vol. 7. P. 168.