

**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

№ 10 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 22.10.2018  
Дата выхода номера 22.11.2018

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

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 24,75  
Тираж 500 экз.  
Заказ МЖПиФИ 2018/10

© НИЦ «Академия Естествознания»

## СОДЕРЖАНИЕ

**Технические науки**

ОЦЕНИВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЛИпсоИДОВ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ  
ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА ВЕКТОР ВХОДНЫХ ФУНКЦИЙ

*Астапов В.Н.* ..... 9

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЧЕННЫХ  
КЕРАМИЧЕСКИХ W-CO МАТЕРИАЛОВ ОДНОВРЕМЕННЫМ  
ДИФФУЗИОННЫМ НАСЫЩЕНИЕМ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ

*Гурьев А.М., Гурьев М.А., Иванов С.Г., Мэй Шунчи* ..... 16

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ПЕРЦЕПЦИИ

*Золотин А.Ю., Вайнерман Е.С., Симоненко С.В., Симоненко Е.С.* ..... 22

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО  
ДОРОЖНОГО МАТЕРИАЛА (КЕРАМДОРА) НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ  
ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

*Монтаев С.А., Шингужиева А.Б., Монтаева Н.С.* ..... 29

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ГРАНУЛЯТОРНОГО КОМПЛЕКСА АПК

*Урашева Д.М., Балгабеков Т.К.* ..... 33

**Физико-математические науки**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУМЕТАЛЛИЧЕСКОГО  
ФЕРРОМАГНЕТИКА  $CO_2FeSi$

*Перевозчикова Ю.А., Семянникова А.А., Доможирова А.Н.,  
Чистяков В.В., Емельянова С.М., Марченков В.В.* ..... 38

ЗАТУХАЮЩЕЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ МЕЖДУ ТВЕРДЫМИ СТЕНКАМИ

*Сенницкий В.Л.* ..... 43

**Химические науки**

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
НА ОСНОВЕ ПЛАНАРНЫХ ОЛИГОФЕНОЛОВ С ШИФФОВЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

*Бекташи Н.Р.* ..... 48

**Медицинские науки**

ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ  
И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МИОКАРДА НОВОЙ ТОПОЛОГИИ

*Арутюнов Ю.А., Чащин Е.А., Шашок П.А.* ..... 54

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПРИ УШИБАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

*Жапаров Т.С., Тургунбаев Б.Ж., Эраалиев Б.А.* ..... 59

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЗАПАХА ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ НА САМОЧУВСТВИЕ,  
АКТИВНОСТЬ И НАСТРОЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

*Ингель Ф.И., Бударина О.В., Ахальцева Л.В., Юдин С.М.* ..... 64

ОСОБЕННОСТИ ВЕСО-РОСТОВЫХ СООТНОШЕНИЙ У ШКОЛЬНИКОВ ПРИАРАЛЬЯ

*Лим Л.В., Боранбаева Р.З., Кожанов В.В., Абсатарова К., Сайдильдаева Ж.А.* ..... 69

ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ  
ВОД С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕЙТЕРИЯ НА ОРГАНИЗМ  
ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ

*Михайлова Р.И., Беляева Н.Н., Алексеева А.В., Савостикова О.Н., Каменецкая Д.Б.,  
Вострикова М.В., Рыжова И.Н., Демина Н.Н., Кочеткова М.Г.* ..... 78

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОСТИ ПИТАНИЯ В ЯКУТИИ

*Петрова М.Н.* ..... 84

КЛИНИКО-ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНОЙ  
БОЛЕЗНИ, АССОЦИИРОВАННОЙ С ГЕРПЕТИЧЕСКОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

*Прохоренко С.В., Косякова Н.И., Прохоренко И.Р.* ..... 91

АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ У БЕРЕМЕННОЙ И РАННЯЯ НЕОНАТАЛЬНАЯ  
СМЕРТНОСТЬ (ПО ДАННЫМ РОССТАТА ЗА 2012–2016 ГОДЫ)

*Туманова У.Н., Шувалова М.П., Щеголев А.И.* ..... 96

**Биологические науки**

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА ДЕФОЛИАЦИИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛГЛИКОЗИДОВ  
В ЛИСТЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH.)

*Колтунов Е.В., Яковлева М.И.* ..... 101

ВЛИЯНИЕ АРГИНИН-СОДЕРЖАЩИХ ОЛИГОПЕПТИДОВ  
НА ПЕРВИЧНЫЙ И ПЛАЗМЕННЫЙ ГЕМОСТАЗ  
ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ЗДОРОВЫМ ЖИВОТНЫМ

*Ляпина Л.А., Мясоедов Н.Ф., Андреева Л.А., Григорьева М.Е.,  
Оберган Т.Ю., Шубина Т.А., Rogozinskaya Э.Я.* ..... 106

ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВ ХИРОНОМИД (*DIPTERA, CHIRONOMIDAE*)  
РЕКИ КАДАЛИНКА

*Салтанова Н.В.* ..... 111

СУКЦЕССИЯ НА МОЛОДЫХ И СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПРЕДЕЛАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

*Соловьев С.В., Миллер Г.Ф., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А.* ..... 116

МИКРОФЛОРА СОЛЕСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ЮЖНОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА

*Успабаева А.А., Исаева А.У., Бишимбаев В.К.* ..... 121

НЕКОТОРЫЕ ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

*Шавырина О.Б.* ..... 126

**Сельскохозяйственные науки**

БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ  
В УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ В СУХОЙ СТЕПИ

*Иозус А.П., Завьялов А.А., Крючков С.Н.* ..... 131

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ

*Ковалева О.В.* ..... 135

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ  
В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

*Семененко С.Я., Абезин В.Г., Семененко А.С., Агеенко О.М.* ..... 139

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДСАЛАИРЬЯ

*Шапорина Н.А., Чичулин А.В., Чумбаев А.С.* ..... 144

**Науки о Земле**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ЗАКОНСЕРВИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ  
ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

*Воробьева И.Б., Власова Н.В.* ..... 150

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ  
МОНОГОРОДОВ: (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КРАСНОКАМЕНСКА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ)

*Гурова О.Н.* ..... 156

**Педагогические науки**

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНИВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

*Гетман Н.А., Котенко Е.Н.* ..... 161

**Философские науки**

СПЕЦИФИКА ГЕНДЕРНЫХ ОТНОШЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ  
РЕЛИГИОЗНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ КЫРГЫЗСТАНЕ

*Осмонова Д.А.* ..... 166

**Научный обзор**

**Медицинские науки**

АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ, МАЛЫЕ АНОМАЛИИ РАЗВИТИЯ СЕРДЦА,  
ИХ РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ, ПРИЧИНЫ У СТУДЕНТОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

*Вяльцин А.С., Семенова Н.В., Корнякова В.В., Тагаков К.С.* ..... 171

АНАЛИЗ ОДНОНУКЛЕОТИДНЫХ ПОЛИМОРФНЫХ ЛОКУСОВ  
КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ  
К ИДИОПАТИЧЕСКОМУ СКОЛИОЗУ

*Кузнецов С.Б., Михайловский М.В.* ..... 176

**Биологические науки**

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ РАЗВИТИЕ  
МЕТЕОТРОПНЫХ РЕАКЦИЙ

*Яковлев М.Ю., Салтыкова М.М., Банченко А.Д., Федичкина Т.П.,  
Нагорнев С.Н., Худов В.В., Балакаева А.В., Бобровницкий И.П.* ..... 187

**Педагогические науки**

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНКЛЮЗИВНОЙ ПРАКТИКИ В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ

*Брагина Е.А., Белозерова Л.А.* ..... 193

---

**CONTENTS**
**Technical sciences**

ESTIMATION USING ELLIPSOIDES PARAMETERS OF LINEAR REGRESSION WITH LIMITATIONS ON THE VECTOR OF INITIAL FUNCTIONS <i>Astapov V.N.</i> .....	9
INCREASING OPERATING CHARACTERISTICS SANDWICHED CERAMIC W-CO MATERIALS SIMULTANEOUS DIFFUSION SATURATION OF BORON, CHROME AND TITANIUM <i>Gurev A.M., Gurev M.A., Ivanov S.G., Mei Shunqi</i> .....	16
A PRACTICAL APPROACH TO THE STUDY OF ORGANOLEPTIC PERCEPTION <i>Zolotin A.Yu., Vaynerman E.S., Simonenko S.V., Simonenko E.S.</i> .....	22
INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING CERAMIC ROAD MATERIAL (CERAMDOR) BASED ON NATURAL TECHNOGENIC RESOURCES OF WESTERN KAZAKHSTAN <i>Montaev S.A., Shinguzhieva A.B., Montaeva N.S.</i> .....	29
DEVELOPMENT OF MOBILE GRANULATING COMPLEX OF AIC <i>Urasheva D.M., Balgabekov T.K.</i> .....	33

**Physical and mathematical sciences**

ELECTRICAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF HALF-METALLIC FERROMAGNET $\text{CO}_2\text{FeSi}$ <i>Perevozchikova Yu.A., Semyannikova A.A., Domozhirova A.N., Chistyakov V.V., Emelyanova S.M., Marchenkov V.V.</i> .....	38
THE RELAXING FLOW OF A VISCOUS LIQUID BETWEEN SOLID WALLS <i>Sennitskiy V.L.</i> .....	43

**Chemical sciences**

SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF METAL-POLYMER COMPLEXES BASED ON PLANAR OLIGOPHENOLS WITH SCHIFF SUBSTITUENTS <i>Bektashi N.R.</i> .....	48
---	----

**Medical sciences**

A SOFTWARE SIMULATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM TO HEMODYNAMIC STUDIES, PHYSICAL-MECHANICAL AND ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE MYOCARDIUM THE NEW TOPOLOGY <i>Arutyunov Yu.A., Chaschin E.A., Shashok P.A.</i> .....	54
SURGICAL TREATMENT FOR BRAIN BRAIN <i>Zhapparov T.S., Turgunbaev B.Zh., Eraaliev B.A.</i> .....	59
IMPACT OF ODOUR EMISSIONS ON HUMAN OVERALL HEALTH, ACTIVITY AND MOOD <i>Ingel F.I., Budarina O.V., Akhaltseva L.V., Yudin S.M.</i> .....	64
PECULIARITIES OF WEIGHT-GROWTH RATIOS IN SCHOOLCHILDREN OF THE ARAL SEA AREA <i>Lim L.V., Boranbaeva R.Z., Kozhanov V.V., Absatarova K., Saydildaeva Zh.A.</i> .....	69

HISTOLOGICAL AND STRUCTURAL-FUNCTIONAL ESTIMATION OF THE ACTION OF WATERS WITH VARIOUS CONTENT OF DEUTERIUM ON THE ORGANISM OF HEAT TREATMENT ANIMALS	
<i>Mikhaylova R.I., Belyaeva N.N., Alekseeva A.V., Savostikova O.N., Kamenetskaya D.B., Vostrikova M.V., Ryzhova I.N., Demina N.N., Kochetkova M.G.</i>	78
FEATURES OF SEASONAL FEEDING IN YAKUTIA	
<i>Petrova M.N.</i>	84
CLINICO-IMMUNOLOGICAL FEATURES OF CEREBROVASCULAR DISEASE ASSOCIATED WITH HERPETIC INFECTION	
<i>Prokhorenko S.V., Kosyakova N.I., Prokhorenko I.R.</i>	91
ARTERIAL HYPERTENSION IN PREGNANT AND EARLY NEONATAL MORTALITY (ACCORDING TO ROSSTAT IN 2012–2016)	
<i>Tumanova U.N., Shuvalova M.P., Shchegolev A.I.</i>	96

### **Biological sciences**

THE INFLUENCE OF THE DEFOLIATION FACTOR AND CLIMATIC CONDITIONS ON THE DINAMIC OF PHENOLIC GLYCOSIDES CONTENT IN THE LEAVES OF SILVER BIRCH ( <i>BETULA PENDULA</i> ROTH.)	
<i>Koltunov E.V., Yakovleva M.I.</i>	101
INFLUENCE ARGININEMIA OLIGOPEPTIDES IN THE PRIMARY AND PLASMA HEMOSTASIS WHEN ADMINISTERED ORALLY TO HEALTHY ANIMALS	
<i>Lyapina L.A., Myasoedov N.F., Andreeva L.A., Grigoreva M.E., Obergan T.Yu., Shubina T.A., Rogozinskaya E.Ya.</i>	106
CHARACTERISTICS OF CHARONOMID COMMUNITY (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) IN THE KADALINKA RIVER	
<i>Saltanova N.V.</i>	111
SUCCESSION ON YOUNG AND MEDIUM AGE FALLOWS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA IN THE NOVOSIBIRSK REGION	
<i>Solovev S.V., Miller G.F., Bezborodova A.N., Filimonova D.A.</i>	116
MICROFLORA OF SALIFEROUS RAW MATERIALS OF THE SOUTHERN REGION OF KAZAKHSTAN	
<i>Uspabaeva A.A., Isaeva A.U., Bishimbaev B.K.</i>	121
SOME LEGAL ASPECTS FOR THE PROTECTION OF WATER BIOLOGICAL RESOURCES	
<i>Shavyrina O.B.</i>	126

### **Agricultural sciences**

BIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WOOD SPECIES IN CONDITIONS OF GROWING DRY STEPPE	
<i>Iozus A.P., Zavyalov A.A., Kryuchkov S.N.</i>	131
REGIONAL CHARACTERISTICS OF THE DEVELOPMENT AGRICULTURAL CONSULTANCY	
<i>Kovaleva O.V.</i>	135
ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF PROCESSING OF SOIL IN FOREST NURSERIES	
<i>Semenenko S.Ya., Abezin V.G., Semenenko A.S., Ageenko O.M.</i>	139

---

 SPATIAL VARIABILITY OF WATER-PHYSICAL PROPERTIES  
 OF DARK GRAY FOREST SOIL IN THE CONDITIONS PEDALEIRA

*Shaporina N.A., Chichulin A.V., Chumbaev A.S.* ..... 144

**Earth sciences**

 ENVIRONMENTAL MONITORING ON CONSERVED AREAS  
 OF ROCKS WITHOUT OPEN DEVELOPMENTS

*Vorobeva I.B., Vlasova N.V.* ..... 150

 PROBLEMS AND PROSPECTS OF SOCIAL-ECONOMIC DEVELOPMENT  
 OF MONOSPECIALIZED URBAN SETTLEMENTS: (ON THE EXAMPLE  
 OF THE KRASNOKAMENSK OF THE TRANSBAIKAL TERRITORY)

*Gurova O.N.* ..... 156

**Pedagogical sciences**

 TO THE QUESTION OF ESTIMATION OF RESULTS OF PSYCHOLOGY  
 AND PEDAGOGICAL RETRAINING OF TEACHERS OF MEDICAL SCHOOL

*Getman N.A., Kotenko E.N.* ..... 161

**Philosophical sciences**

 SPECIFICITY OF GENDER RELATIONS IN THE CONTEXT OF RELIGIOUS  
 PEACE WORK IN CONTEMPORARY KYRGYZSTAN

*Osmonova D.A.* ..... 166

**Scientific review**
**Medical sciences**

 ARTERIAL HYPERTENSION, SMALL ANOMALIES OF DEVELOPMENT  
 OF HEART, THEIR PREVALENCE, THE REASONS AT STUDENTS  
 OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

*Vyaltsin A.S., Semenova N.V., Korniyakova V.V., Tagakov K.S.* ..... 171

 ANALYSIS OF SINGLE POLYMORPHIC LOCI AS POTENTIAL MARKERS  
 OF PREDISPOSITION TO IDIOPATHIC SCOLIOSIS

*Kuznetsov S.B., Mikhaylovskiy M.V.* ..... 176

**Biological sciences**

 BASIC MECHANISMS CORRESPONDING DEVELOPMENT OF METEOTROPIC  
 REACTIONS AND USE OF CLIMATE PROCEDURES OF PREVENTIVE DIRECTION

*Yakovlev M.Yu., Saltykova M.M., Banchenko A.D., Fedichkina T.P.,  
 Nagornev S.N., Khudov V.V., Balakaeva A.V., Bobrovnikskiy I.P.* ..... 187

**Pedagogical sciences**

## CURRENT ISSUES OF INCLUSIVE PRACTICE IN PRIMARY SCHOOL

*Bragina E.A., Belozerovala L.A.* ..... 193

УДК 510.5

## ОЦЕНИВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЛИпсоИДОВ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА ВЕКТОР ВХОДНЫХ ФУНКЦИЙ

Астапов В.Н.

ГОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,  
e-mail: asta-2009@mail.ru

В процессе исследования проведена постановка задачи сходимости алгоритмов эллипсоидального оценивания, когда на входные функции в уравнении регрессии накладываются ограничения. Для этого рассмотрены алгоритмы для построения так называемых эллипсоидальных оценок  $E_k$  параметров  $m_k$ . Эти оценки имеют вид многомерных эллипсоидов. Для решения поставленной задачи, в случае ограничений на входные функции, требуется указать условия, налагаемые на векторы  $z_k$ , при которых для последовательности оценок, генерируемых с помощью любого алгоритма из рассматриваемого класса, имел место предел. Также указаны условия сходимости, при данных ограничениях и рассмотрены доказательства решения данной задачи. Рассмотрена задача определения поправки, то или иное ее решение может быть выбрано исходя из некоторых специфических дополнительных соображений, учитывая, что эта задача в общем случае имеет не единственное решение. Приведен алгоритм вычисления поправок (изучающих добавок). В качестве примера рассмотрена задача, оценивая для уравнения при размерности  $n = 2$  и равенстве вектора  $m_k = (12, -3)$ . Помеха моделировалась с помощью генератора псевдослучайных чисел, равномерно распределенных в интервале  $[-20, 20]$ . Точность оценивания 0,25 была достигнута в первом случае на шаге итерации  $k = 39$ , во втором – на шаге  $k = 137$ . Таким образом, чем жестче ограничения на величину добавки, тем меньше скорость сходимости. Заметим, что при  $\Delta = 0$  алгоритм может не сходиться.

**Ключевые слова:** алгоритм, эллипсоидальные оценки, линейная регрессия, многомерные системы, сходимость, изучающая поправка, входные функции, ограничения

## ESTIMATION USING ELLIPSOIDES PARAMETERS OF LINEAR REGRESSION WITH LIMITATIONS ON THE VECTOR OF INITIAL FUNCTIONS

Astapov V.N.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: asta-2009@mail.ru

In the process of research, we formulate convergence of algorithms for ellipsoidal estimation problem, when the input functions in the regression equation are constrained. For this, algorithms for constructing the so-called ellipsoidal estimates  $E_k$  of the parameters  $m_k$  are considering. These estimates have the form of multidimensional ellipsoids. To solve the problem, in the case of restrictions on input functions, it is required to specify the conditions imposed on the vectors  $z_k$ , in which, for participants of the estimates generated with the help of any algorithm from the considered class, there was a limit. Conditions of convergence also indicated under these constraints and problems of solving this problem are considered. The problem of determining the correction is described, this or that solution can be chosen based on some specific additional considerations, bearing in mind that this problem in the general case has not a unique solution. We gave an algorithm for calculating corrections (studying additives). As an example, we choose the problem by estimating for an equation with dimension  $n = 2$  and the equality of the vector  $m_k = (12, -3)$ . The interference was modeling using a pseudo-random number generator uniformly distributed in the interval  $[-20, 20]$ .

**Keywords:** algorithm, ellipsoidal estimations, linear regression, multidimensional systems, convergence, studying correction, input functions, constraint,

*Памяти моего учителя,  
профессора Г.М. Бакана  
посвящается*

Одна из важнейших задач теории управления состоит в эффективном построении областей достижимости или их аппроксимаций для изучаемых динамических систем. Для линейных систем, как показано в [1], хорошо разработана техника эллипсоидального оценивания областей достижимости сверху и снизу. Где рассматривается задача оценивания множеств достижимости управляемых динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями с импульсным управлением и неполной информацией о начальных данных.

Работа [2] посвящена решению задачи масштабируемости эллипсоидального метода оценивания множеств достижимости линейных систем. Задача решается с помощью эллипсоидального метода оценивания множества достижимости, а именно, построением внешних оценок.

Особенности задач управления неустойчивыми объектами рассматриваются многими как отечественными, так и зарубежными авторами. Основной особенностью ограниченного управления неустойчивым объектом является ограниченность области притяжения (асимптотической устойчивости) стабилизируемого состояния в фазовом пространстве системы. Нахождение границ области устойчивости стабилизи-

руемого состояния для нелинейных систем в общем случае является сложной задачей. Преодоление указанной трудности состоит в нахождении оценки области устойчивости в виде эллипсоида и условий достижения его максимальных размеров [3].

Решение данных задач заключается в обеспечении сходимости используемых алгоритмов оценивания параметров с помощью эллипсоидов.

Так в работе [4] рассматривалась сходимость алгоритмов оценивания с помощью эллипсоидов в задаче оценивания параметров линейной регрессии, при линейных ограничениях на вектор входных переменных. Там, в частности, было показано, что сходимость можно обеспечить за счет преднамеренного искажения входных сигналов.

В статье [5] рассмотрена задача параметрического оценивания для линейных многомерных систем с интервальной неопределенностью в данных. Где для нахождения интервальных оценок невыпуклых информационных множеств системы использован алгоритм, основанный на вычислении интервальных решений для интервальных систем линейных алгебраических уравнений с квадратной матрицей.

В данной работе рассматриваются вопросы сходимости алгоритмов эллипсоидального оценивания в условиях, когда на входные функции в уравнении регрессии накладываются ограничения.

Рассмотрим уравнение линейной регрессии

$$y_k = m^T z_k + \xi_k, \quad k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

где число  $y_k$  и вектор  $z_k$  значений входных функций ( $\|z_k\| > 0$ ,  $\|\cdot\|$  – евклидова норма вектора) предполагаются известными в каждый момент  $k$  дискретного времени,  $m_* \in R^n$  – вектор неизвестных (оцениваемых) параметров ( $R^n$  –  $n$ -мерное евклидово вещественное пространство),  $T$  – символ транспонирования. Неизвестная величина (помеха)  $\xi_k$  предполагается ограниченной

$$|\xi_k| \leq c_k, \quad (2)$$

где  $c_k \geq 0$  – известное число. Вектор  $z_k$  ограничен.

$$z_k \in Z, \quad (3)$$

где  $Z$  – выпуклое компактное множество в  $R^n$ .

Априорно задано, что вектор  $m_*$  принадлежит некоторому ограниченному множеству  $E_0$ . Без ограничения общности будем полагать, что это множество является эллипсоидом

$$E_0 = \{m \in R^n : (m - m_0)H_0^{-1}(m - m_0) \leq 1\}, \quad (4)$$

где вектор  $m_0 \in R^n$  (априорная оценка вектора  $m_*$ ) и симметрическая матрица  $H_0 > 0$  считаются известными.

Приведенных здесь исходных данных достаточно для построения так называемых эллипсоидальных оценок  $E_k$  вектора параметров  $m_*$ . Эти оценки имеют вид многомерных эллипсоидов

$$E_k = \{m \in R^n : (m - m_k)^T H_k^{-1}(m - m_k) \leq 1\}, \quad (5)$$

таких, что

$$m_* \in E_k \quad \forall k \geq 1. \quad (6)$$

При этом  $|E_k| \leq |E_{k-1}|$ , где  $|E|$  – многомерный объем эллипсоида  $E$ .

В (5) –  $m_k \in R^n$  – центр симметрии эллипсоида,  $H_k$  – положительно определенная ( $n \times n$ ) – матрица. Эти определяющие оценки  $E_k$  величины вычисляются рекуррентно в соответствии с тем или иным алгоритмом эллипсоидального оценивания [6, 7].

Рассмотрим класс или множество подобных алгоритмов, определяемых соотношениями

$$m_k = m_{k-1} + \frac{H_{k-1}z_k}{(z_k^T H_{k-1})^{1/2}} \text{sign}(y_k - m_{k-1}^T z_k), \quad (7)$$

$$H_k = \gamma_k^2 \left( H_{k-1} + (\beta_k^2 - 1) \frac{H_{k-1}z_k z_k^T H_{k-1}}{z_k^T H_{k-1} z_k} \right), \quad (8)$$

где начальные значения  $m_0$  и  $H_0$  равны соответствующим параметрам априорного эллипсоида (4). В (7) и (8)  $\gamma_k$ ,  $\beta_k$  и введенные  $\omega_k$  – числовые параметры, в общем случае функционально связанные с переменными  $y_k$ ,  $u_k$ ,  $c_k$ ,  $m_{k-1}$ ,  $H_{k-1}$ . Способ вычисления этих параметров выделяет конкретный вид алгоритма эллипсоидов из рассматриваемого здесь класса. Предполагается, что для каждого из способов существуют такие константы  $\gamma_{\max} \geq 1$  и  $\beta_{\max} \in (0, 1)$ , что для любых  $k$

$$\gamma_k \in (0, \gamma_{\max}], \quad (9)$$

$$\beta_k \in (0, \beta_{\max}]. \quad (10)$$

При этом для всего класса алгоритмов

$$\omega_k \in [0, 1] \quad \forall k \geq 1. \quad (11)$$

Из приведенных данных нетрудно найти, что

$$\det H_k = \gamma_k^2 \beta_k^2 \det H_{k-1}, \quad (12)$$

где  $\det H$  – определитель матрицы  $H$ .

Пара  $(z_k, y_k)$  считается информативной, если

$$\gamma_k^2 \beta_r^2 \leq q < 1, \quad (13)$$

где  $q$  – некоторая константа. Поскольку объем эллипсоида  $E_k$  прямо пропорционален корню квадратному из определителя  $\det H_k$  матрицы  $H_k$ , то для информативных пар объемы эллипсоидов строго монотонно убывают.

Далее, будем рассматривать только информативные пары, считая, что условие (13) выполнено для всех  $k \geq 1$ .

В работе [4] были получены условия, налагаемые на вектор  $z_k$ , при которых обеспечивалась сходимость оценок  $m_k$  к оцениваемому вектору  $m_*$ . Наличие ограничений (3) на вектор  $z_k$  в общем случае не позволяет выполнить эти условия. В [8], например, показано, что в случае изменения вектора  $z_k$  в одномерном подпространстве нельзя обеспечить сходимость оценок  $m_k$  к вектору  $m_*$ . В этом случае с течением времени происходит ортогонализация векторов  $z_k$  и векторов невязки  $(m_* - m_k)$ . Этот факт связан с тем, что уравнение (1) при отсутствии помех ( $\xi_k = 0$ ) и при условии, что все  $z_k$  принадлежат линейному одномерному пространству, имеет множество решений, представляет собой линейное многообразие размерности  $(n - 1)$ , которое содержит вектор  $m_*$  и для каждого его элемента  $m$  справедливо

$$(m_* - m)^T z_k = 0.$$

Обозначим через  $L = L\{Z\}$  минимальное линейное подпространство пространства  $R^n$ , содержащее множество  $Z$ . Пусть размерность этого подпространства равна  $m$ . Можно показать, что аналогичная кар-

тина возникает в том случае, когда векторы  $z_k$  изменяются только в подпространстве  $L$ . В этом случае система уравнений (1) ( $\xi_k = 0 \forall k \geq 1$ ) также имеет не единственное решение, а множество решений, которое является линейным многообразием размерности  $(n - m)$ . Это многообразие содержит вектор  $m_*$  и для каждого его элемента  $m$  справедливо

$$(m_* - m)^T z = 0 \quad \forall z \in L.$$

Таким образом, в случае ограничений (3) требуется указать условия, налагаемые на векторы  $z_k$ , при которых для последовательности  $\{m_k\}_0^\infty$  оценок  $m_k$ , генерируемых с помощью любого алгоритма из рассматриваемого класса, имел место предел

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (m_* - m_k)^T z = 0 \quad \forall z \in L. \quad (14)$$

*Условия сходимости*

Подпространство  $L$  можно представить в следующем виде

$$L = \{z \in R^n : z = Av, v \in R^m\}, \quad (15)$$

где столбцы  $(n \times m)$  – матрицы  $A$  ортонормированны

$$A^T A = I. \quad (16)$$

Здесь  $I$  – единичная  $(m \times m)$  – матрица. Как следует из определения подпространства  $L$ , векторы-столбцы  $a_i$  матрицы  $A$  представляют собой ортонормированный базис подпространства  $L$ . Получим оценку для величины  $(m_* - m_k)^T z$ , считая, что  $z \in L$ . При этом учтем, что по построению эллипсоид  $E_k$  содержит вектор  $m_*$ , а для вектора  $z$  справедливо представление  $z = Av$ . В результате получим

$$|(m_* - m_k)^T z| \leq \max_{m \in E_k} |(m - m_k)^T z| = (v^T A^T H_k A v)^{1/2} \leq \lambda_{\max}^{1/2}(H_k) \|v\|,$$

где  $\lambda_{\max}^{1/2}(H_k)$  – максимальное собственное значение матрицы  $H_k = A^T H_k A$ . Сформулированная выше задача будет решена, если на последовательности  $\{z_k\}_0^\infty$  будет иметь место предел

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \lambda_{\max}^{1/2}(H_k) = 0.$$

Как следует из определения множества  $L$ , любой вектор  $z_k$  представим в виде

$$z_k = A v_k.$$

где  $v_k$  – некоторый вектор из  $R^m$ . Подставляя это выражение в равенство (7) и умножая его слева на  $A^T$  и справа на  $A$ , получим

$$A^T H_k A = \gamma_k^2 \left( A^T H_k A + (\beta_k^2 - 1) \frac{A^T H_{k-1} A v_k v_k^T A^T H_{k-1} A}{v_k^T A^T H_{k-1} A v_k} \right).$$

Учитывая обозначение  $H_k = A^T H_k A$ , последнее равенство можно переписать в виде

$$H_k = \gamma_k^2 \left( H_{k-1} + (\beta_k^2 - 1) \frac{H_{k-1} v_k v_k^T H_{k-1}}{v_k^T H_{k-1} v_k} \right). \quad (17)$$

Нетрудно заметить, что это уравнение совпадает с уравнением (8) за исключением размерности и обозначения вектора  $v_k$ .

Условия, при которых последовательность  $\{H_k\}_0^\infty$  матриц  $H_k$ , вычисляемых в соответствии с приведенным выше уравнением, стремится к нулевой матрице, получены в [4]. Для этого случая справедливо следующее утверждение.

Утверждение 1. Пусть  $\varepsilon$  – некоторое фиксированное положительное число, взятое из интервала  $(0, 1)$ , и последовательность  $\{v_k\}_0^\infty$  такова, что выполняется условие

$$\frac{v_k^T H_{k-1} v_k}{v_k^T v_k} \geq \varepsilon \lambda_{\max}(H_{k-1}). \quad (18)$$

За исключением конечного числа моментов времени  $k$ . Тогда существует предел

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \lambda_{\max}^{1/2}(H_k) = 0.$$

Сформулированное утверждение представляет собой иную формулировку теоремы из [4], и его доказательство аналогично доказательству теоремы.

Условие (18) с учетом представления (17) и равенства (16) можно записать в следующем виде

$$\frac{z_k^T H_{k-1} z_k}{z_k^T z_k} \geq \varepsilon \lambda_{\max}(A^T H_{k-1} A). \quad (19)$$

Заметим, что это условие не зависит от выбора матрицы  $A$ , фигурирующей в определении (15) подпространства  $L$ . Предположим, что в качестве матрицы  $A$  взята матрица  $B$ . Поскольку векторы-столбцы  $b_i$  матрицы  $B$  также образуют ортонормированный базис подпространства  $L$ , то существует такая ортогональная  $(m \times m)$ -матрица  $S$ , что

$$B = AS.$$

Поэтому и в силу свойств собственных значений матрицы имеем

$$\begin{aligned} \lambda_{\max}(B^T H_k B) &= \lambda_{\max}(S^T A^T H_k AS) = \\ &= \lambda_{\max}(A^T H_k A). \end{aligned}$$

Покажем, что условие (19) можно выполнить при ограничении (3) на векторы

$z_k$ . Условие (19) выделяет в пространстве  $R^n$  конус

$$\mathfrak{R}_k = \left\{ z \in R^n : \frac{z^T H_k z}{z^T z} \geq \varepsilon \lambda_{\max}(A^T H_{k-1} A) \right\}.$$

Если для каждого момента времени  $k$  пересечение конуса  $\mathfrak{R}_k$  и множества  $Z$  не пусто

$$Z \cap \mathfrak{R}_k \neq \emptyset. \quad (20)$$

То существует последовательность  $\{z_k\}_{k=0}^\infty$  векторов  $z_k$ , удовлетворяющая условию (19) и ограничению (3) и на которой имеет место предел (14). Покажем, что можно выбрать число  $\varepsilon$  таким образом, что выполняется (20). Для этого введем следующие величины, характеризующие множество  $Z$ . Для любого единичного вектора  $I \in R^n$  ( $\|I\| = 1$ ) будем рассматривать подпространство

$$L^\perp \{I\} = \{z \in R^n : I^T z = 0\},$$

ортогональное вектору  $I$ . Обозначим через

$$\delta(I, Z) = \max_{z \in Z} \min_{x \in L^\perp \{I\}} \|z - x\|$$

$$z \in Z \quad x \in L^\perp \{I\}$$

максимальное расстояние от множества  $Z$  до подпространства  $L^\perp \{I\}$ . Поскольку

$$\min_{x \in L^\perp \{I\}} \|z - x\| = |I^T z| / \|I\| = |I^T z|,$$

то функция  $\delta(I, Z)$  приобретает вид

$$\delta(I, Z) = \max_{z \in Z} |I^T z|. \quad (21)$$

Функция  $\delta(I, Z)$  обладает, в частности, следующими свойствами

$$\delta(I, Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } I \in L^\perp \{I\}; \\ > 0, & \text{если } I \in L. \end{cases}$$

Поскольку функция  $\delta(I, Z)$  непрерывна по  $I$  и вектор  $I$  изменяется в пределах компакта – единичной сферы, то она достигает своего минимального  $\underline{\delta}$  и максимального  $\bar{\delta}$  значения при  $I \in L$ . Причем  $\underline{\delta} > 0$ .

Утверждение 2. Пусть  $\varepsilon = \frac{\underline{\delta}}{\bar{\delta}}$ . Тогда существует последовательность  $\{z_k\}_{k=0}^\infty$  векторов  $z_k$ , удовлетворяющих как условию ограниченности (3), так и условию (19), на которой для каждого из алгоритмов рассматриваемого класса имеет место предел

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (m_* - m_k)^T z = 0 \quad \forall z \in L.$$

Доказательство. Условие (19) получено из условия (18). Как показано в [4], условие (18) для векторов  $v_k$  выполняется, если справедливо неравенство

$$\frac{(v_k^T r_{k-1})^2}{v_k^T v_k} \geq \varepsilon^2, \quad (22)$$

где  $r_{k-1}$  – собственный вектор матрицы  $H_{k-1}$ , соответствующий максимальному собственному значению  $\lambda_{k-1}$ ,  $\|r_{k-1}\| = 1$ . С учетом представления (17) и условия (16) неравенство (22) для векторов  $z_k \in L$  эквивалентно следующему:

$$\frac{(v_k^T r_{k-1})^2}{v_k^T v_k} = \frac{(v_k^T A^T A r_{k-1})^2}{v_k^T A^T A v_k} = \frac{(z_k^T s_{k-1})^2}{z_k^T z_k} \geq \varepsilon^2. \quad (23)$$

Заметим, что вектор  $s_{k-1} = A r_{k-1} \in L$  и норма  $\|s_{k-1}\| = 1$ . Предлагается в качестве элементов  $z_k \in Z$  искомой последовательности  $\{z_k\}_{k=0}^\infty$  брать аргументы решения следующей задачи

$$\max_{z \in Z} |s_{k-1}^T z|. \quad (24)$$

В этом случае получим, что

$$\frac{(z_k^T s_{k-1})^2}{z_k^T z_k} \geq \frac{\delta^2 (s_{k-1}^T Z)}{\delta^2} = \frac{\delta^2}{\delta^2}. \quad (25)$$

При получении последнего неравенства использовалась оценка сверху, для  $z_k^T z_k$ , которая следует из следующего неравенства

$$z_k^T z_k = \|z_k\| \|\tilde{z}_k\| \leq \|z_k\| \max_{z \in Z} |\tilde{z}_k^T z| = \|z_k\| \delta(\tilde{z}_k : Z) \leq \|z_k\| \bar{\delta}.$$

Таким образом из (25) следует, что если последовательность  $\{z_k\}_{k=0}^\infty$  определять при решении задачи (24), то условие (23) и, следовательно, условие (19) будет выполнено при  $\varepsilon = \delta / \bar{\delta}$ .

Утверждение доказано.

В доказательстве утверждения содержится способ построения последовательности  $\{z_k\}_{k=0}^\infty$ , каждый вектор  $z_k$  которой удовлетворяет условию ограниченности (3) и на которой обеспечивается сходимость рассматриваемого класса алгоритмов. Поскольку для произвольно заданной последовательности  $\{z_k\}_{k=0}^\infty$  условие (19) может не выполняться, то предлагается, так же как и в [4], преобразовывать элементы последовательности  $\{z_k\}_{k=0}^\infty$  по правилу

$$\bar{z}_k = \begin{cases} z_k + \Delta z_k, & \text{если для } z_k \text{ условие (19) не выполнено;} \\ z_k, & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$

где  $\Delta z_k$  – изучающая добавка (для кратности – поправка) такая, что  $z_k + \Delta z_k \in \mathfrak{R}_k(\varepsilon) \cap Z$ . Задача определения поправки  $\Delta z_k$  в общем случае имеет не единственное решение. То или иное ее решение может быть выбрано исходя из некоторых специфических дополнительных соображений. Например, наилучшее решение с точки зрения минимума нормы  $\|\Delta z_k\|$  может быть получено при взятии в качестве  $\bar{z}_k$  проекции вектора  $z_k$  на множество  $\mathfrak{R}_k \cap Z$ . В силу произвольности множества  $Z$  определение этой проекции не является простой задачей.

Рассмотрим практически важный случай, при котором изучающие добавки  $\Delta z_k$  ограничены по норме

$$\|\Delta z_k\| \leq d. \quad (26)$$

Здесь  $d$  – заданное положительное число. Рассмотрим множество

$$\Delta Z = \{z \in \mathbb{R}^n : \|z - z_k\| \leq d\}.$$

Поскольку по условию  $z_k \in Z$ , то множество  $Z \cap \Delta Z$  никогда не пусто и является выпуклым и ограниченным как пересечение выпуклых и ограниченных множеств  $Z$  и  $\Delta Z$ .

Лемма. При  $I \in L, \|I\|=1$  функция  $\delta(I, Z \cap \Delta Z)$  достигает своего минимального  $\underline{\delta}_1$  и максимального  $\bar{\delta}_1$  значений, причем  $\underline{\delta}_1 > 0$ .

Доказательство. Поскольку функция  $\delta(I, Z \cap \Delta Z)$  непрерывна по  $I$  и вектор  $I$  изменяется в пределах единичной сферы, то она достигает своего минимального  $\underline{\delta}_1$  и максимального  $\bar{\delta}_1$  значения при  $I \in L$ . Покажем, что  $\underline{\delta}_1 > 0$ . Предположим противное, т.е. пусть существует такой вектор  $I_* \in L, \|I_*\|=1$ , что функция  $\delta(I_*, Z \cap \Delta Z) = 0$ .

Поскольку вектор  $z_k \in Z \cap \Delta Z$ , то, используя определение функции  $\delta(I, Z) = \max_{z \in Z} |I^T z|$ , получим

$$|I_*^T z_k| \leq \max_{z \in Z \cap \Delta Z} |I_*^T z| = \delta(I_*, Z \cap \Delta Z) = 0. \quad (27)$$

$$\max_{z \in Z \cap \Delta Z} |I_*^T z| \geq |I_*^T z(\gamma_*)| = |I_*^T (z_k + \gamma_* (z_* - z_k))| \geq \gamma_* |I_*^T z_*| \geq \gamma_* \underline{\delta} > 0.$$

Последнее неравенство, полученное с учетом (27) и (28), противоречит предположению. Лемма доказана.

С помощью леммы достаточно просто можно доказать существование ограниченных по норме добавок  $\Delta z_k$ , обеспечивающих сходимость рассматриваемого семейства алгоритмов.

Утверждение 3. Пусть задана последовательность  $\{z_k\}_{k=0}^{\infty}$  векторов  $z_k$ , удовлетворяющих условию ограниченности (3). Тогда существует такая последовательность  $\{\Delta z_k\}_{k=0}^{\infty}$  векторов  $\Delta z_k$ , удовлетворяющих условию (26), что последовательность  $\{\bar{z}_k\}_{k=0}^{\infty}$  векторов  $\bar{z}_k = z_k + \Delta z_k$  удовлетворяет как условию ограниченности (3), так и условию (19) со значением параметра  $\varepsilon = \underline{\delta}_1 / \bar{\delta}_1$  и на которой для каждого из алгоритмов рассматриваемого класса имеет место предел

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (m_k - m_k)^T z = 0 \quad \forall z \in L.$$

Доказательство этого утверждения аналогично доказательству утверждения 2 с той лишь разницей, что максимум в (24) надо брать по множеству  $Z \cap \Delta Z$ . Тогда в соответствии с леммой условие сходимости (23) или (19) будет выполнено при значении параметра  $\varepsilon = \underline{\delta}_1 / \bar{\delta}_1$ .

В то же время

$$\delta(I_*, Z) \geq \underline{\delta} > 0.$$

Пусть

$$z_* \in \text{Arg} \max_{z \in Z} |I_*^T z|.$$

Тогда

$$|I_*^T z_*| = \max_{z \in Z} |I_*^T z| = \delta(I_*, Z) \geq \underline{\delta} > 0. \quad (28)$$

Поскольку множество  $Z$  выпукло, то при любом значении числа  $\gamma$ , взятом из интервала  $[0, 1]$ , точка

$$z(\gamma) = \gamma z_* + (1 - \gamma) z_k = z_k + \gamma (z_* - z_k)$$

принадлежит множеству  $Z$ . Выберем  $\gamma_* = d / \|z_* - z_k\|$ .

Тогда точка

$$z(\gamma_*) = z_k + \gamma_* (z_* - z_k)$$

принадлежит множеству  $Z \cap \Delta Z$ . Для этой точки получаем

В заключение приведен один из простейших алгоритмов вычисления изучающих добавок в случае, когда множество  $Z$  является многогранником.

*Алгоритм построения изучающих добавок*

Алгоритм вычисления изучающих добавок, когда множество  $Z$  – многогранник. Предположим, что множество  $Z$  задано как пересечение конечного числа многомерных полос

$$\Pi_i = \{z \in R^n : |z_i - c_i^T z| \leq \Delta z_i\}$$

и является многогранником. В последнем выражении  $c_i$ , числа  $z_i$  и  $\Delta z_i$  ( $\Delta z_i \geq 0$ ) предполагаются известными. Вычислим координаты вершин  $\tilde{a}_j$  многогранника  $Z$  с помощью алгоритма, приведенного в [9]. Затем определим максимальное количество  $m$  линейно независимых векторов  $\tilde{a}_j$  и к этим векторам применим, например, процесс ортогонализации Грама – Шмидта. В результате определим базисные векторы  $a_i$  подпространства  $L$ . Далее с помощью вычислительных методов линейной алгебры вычислим собственное значение  $\lambda_{\max}(A^T H_k A)$  и соответствующий собственный вектор  $r_{k-1}$  матрицы  $H_{k-1} = A^T H_k A$ . Проверим условие (19). Если оно выполнено, то вычисление добавки  $\Delta z_k$  не требуется.

Если условие (19) не выполнено, то вычисляем вектор  $s_{k-1} = Ar_{k-1}$  и решаем задачу

$$\max_{\tilde{a}_j \in Z} \frac{|(z_k + \Delta(\tilde{a}_j - z_k))^T s_{k-1}|}{\|z_k + \Delta(\tilde{a}_j - z_k)\|}. \quad (29)$$

Здесь функция  $\Delta(z)$  определена следующим образом

$$\Delta(z) = \begin{cases} (d/\|z\|)z, & \text{если } \|z\| \geq d; \\ z, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Задача (29) решается вместо более сложной

$$\max_{z \in Z \cap \Delta Z} |s_{k-1}^T z|.$$

В результате решения этой задачи определяется вектор  $\tilde{a}_*$ , направленный в одну из вершин многогранника  $Z$ . Окончательно для вектора  $z_k$  полагаем

$$\bar{z}_k = z_k + \Delta(\tilde{a}_j - z_k).$$

Заметим, что в силу определения функции  $\Delta(z)$  условие (26) ограниченности вектора добавок будет выполнено. После этого вычислим величину

$$\varepsilon = \frac{(\bar{z}_k^T A^T H_k A \bar{z}_k)}{(\bar{z}_k^T \bar{z}_k \lambda_{\max}(A^T H_k A))}$$

и полагаем  $\varepsilon_k = \min\{\varepsilon, \varepsilon_{k-1}\}$ .

В качестве начального условия для этого соотношения можно взять  $\varepsilon_0 = 1$ . Можно показать, что при таком выборе  $\varepsilon_k$  его величина ограничена снизу

$$\varepsilon_k \geq \min \frac{\{\delta, \Delta\}}{\delta}.$$

В заключение заметим, что вычисления вершин многогранника и определение матрицы  $A$  выполняются не в режиме реального времени. Решение же задачи (29) при небольшой размерности не является трудоемкой задачей.

#### Численный пример

Рассмотрим задачу, оценивая для уравнения (1) при размерности  $n = 2$ . Вектор  $m_* = (12, -3)$ . Априорная множественная оценка  $E_0$  определялась параметрами  $m_0 = (24, 0)$ ,  $H_0 = \text{diag}(2500, 2500)$ . Помеха  $\xi_k$  моделировалась с помощью генератора псевдослучайных чисел, равномерно распределенных в интервале  $[-20, 20]$ . Ограни-

чения на значение вектора  $z_k = (z_k^{(1)}, z_k^{(2)})^T$  были следующими:

$$\begin{aligned} z_k^{(1)} &\in [100, 200], \\ z_k^{(2)} &\in [80, 180], \\ z_k^{(1)} + z_k^{(2)} &= 360. \end{aligned}$$

Исходная последовательность  $\{z_k\}_{k=0}^{\infty}$  была постоянной,  $z_k = (180, 180)^T \forall k$ . Таким образом, множество  $Z$  является отрезком и его концы задаются векторами  $\tilde{a}_1 = (180, 180)^T$ ,  $\tilde{a}_2 = (160, 209)^T$ . В данном случае матрица  $A = I$  и подпространство  $L$  совпадает с  $R^2$ . Изучающие добавки построены в соответствии с алгоритмом, приведенным выше в статье. По результатам расчетов можно построить графики зависимости оценки  $\lambda_{\max}^{1/2}(A^T H_k A) = \lambda_{\max}^{1/2}(H_k)$  для величины  $|(m_* - m_k)^T z|$  от времени. Один график строят для величины  $d_1 = 10$ , второй – для  $d_2 = 1$ . Точность оценивания 0,25 была достигнута в первом случае на шаге  $k = 39$ , во втором на шаге  $k = 137$ . Таким образом, чем жестче ограничения на величину добавки, тем меньше скорость сходимости. Заметим, что при  $\Delta = 0$  алгоритм может не сходиться.

#### Список литературы

1. Матвийчук О.Г. Эллипсоидальное оценивание траекторий управляемых импульсных систем с коническим ограничением на управление // Вестник ТГУ. 2015. Т. 20, вып. 5. С. 1306–1309.
2. Ширяев В.Д. Масштабируемость эллипсоидального метода оценивания множеств достижимости линейных систем // Программные системы: теория и приложения. 2011. № 2 (6). С. 53–60.
3. Воронков В.С. Эллипсоидальная оценка области устойчивости систем стабилизации неустойчивых объектов при ограниченном управлении // Фундаментальные проблемы теоретической и прикладной механики. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 4 (5). С. 2094–2095.
4. Астапов В.Н., Бакан Г.М., Сальников Н.Н. Оценивание с помощью эллипсоидов параметров линейной регрессии при линейных ограничениях на вектор входных переменных // Автоматика. 1993. № 1. С. 28–34.
5. Поляк Б.Т., Назин С.А. Оценивание параметров в линейных многомерных системах с интервальной неопределенностью // Проблемы управления и информатики. 2006. № 1. С. 1–14.
6. Бакан Г.М. Фильтрация в условиях нестатистически заданной неопределенности // Автоматика. 1980. № 2. С. 13–21.
7. Маликов А.И. Эллипсоидальное оценивание состояния дискретных систем управления с помощью матричных систем сравнения // Изв. вузов матем. 2004. № 1. С. 53–69.
8. Бакан Г.М., Волосов В.В., Сальников Н.Н. Адаптивное управление линейным статическим объектом по модели с неизвестными параметрами // Кибернетика. 1984. № 2. С. 63–68.
9. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления. Игровой подход. Киев: Наук. думка, 1985. 248 с.

УДК 621.785:[546.27+546.76+546.82]

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЧЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ W-CO МАТЕРИАЛОВ ОДНОВРЕМЕННЫМ ДИФфуЗИОННЫМ НАСЫЩЕНИЕМ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ

<sup>1,2</sup>Гурьев А.М., <sup>2</sup>Гурьев М.А., <sup>3</sup>Иванов С.Г., <sup>1</sup>Мэй Шунчи

<sup>1</sup>Уханьский текстильный университет, Ухань, e-mail: gurievam@mail.ru;

<sup>2</sup>ФБГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул;

<sup>3</sup>ООО «Технологии упрочнения», Барнаул

Боридные слои, полученные диффузионным борированием, значительно повышают износостойкость, теплостойкость и коррозионную стойкость. Однако у боридных слоев есть и недостаток – их высокая хрупкость, ограничивающая их более широкое распространение. Эта проблема может быть решена путем создания многокомпонентных покрытий на основе бора: борохромированием, боротитанированием и т.д. Введение второго и последующих компонентов в покрытие позволяет не только снизить хрупкость боридного слоя, но также несколько ускорить процесс насыщения и повысить служебные свойства. Проведены исследования по повышению износостойкости вольфрамкобальтовых композиционных материалов типа VK8, T5K10 методом комплексного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном. Представлены результаты диффузионного упрочнения спеченных керамических материалов VK8 и T5K10. Толщина диффузионного покрытия на этих материалах, устанавливаемая металлографически, достигает 17–20 мкм, тогда как протяженность измененного слоя, измеренная диометрически, достигает 70–90 мкм. Средняя микротвердость упрочненного слоя при этом составляет 1965 HV<sub>0,1</sub> для VK8 и 3150 HV<sub>0,1</sub> для материала T5K10. Согласно данным производственных испытаний, стойкость упрочненных диффузионным бор-хром-титанированием съёмных резовых пластин из VK8 на операции фрезерования литой стали оказалась в 1,8–2,1 раза выше стойкости неупрочненных.

**Ключевые слова:** борирование, химико-термическая обработка, поверхностное упрочнение

## INCREASING OPERATING CHARACTERISTICS SANDWICHED CERAMIC W-CO MATERIALS SIMULTANEOUS DIFFUSION SATURATION OF BORON, CHROME AND TITANIUM

<sup>1,2</sup>Gurev A.M., <sup>2</sup>Gurev M.A., <sup>3</sup>Ivanov S.G., <sup>1</sup>Mei Shunqi

<sup>1</sup>Wuhan Textile University, Wuhan, China, e-mail: gurievam@mail.ru;

<sup>2</sup>Altai State Technical University after I.I. Polzunov, Barnaul;

<sup>3</sup>Hardening Technologies, Barnaul

The Boridny layers received by diffusive borating considerably increases wear resistance, heat resistance and corrosion resistance. However boridny layers have also a shortcoming – their high fragility limiting their wider circulation. This problem can be solved by creation of multicomponent coverings on the basis of a pine forest: borokhromirovaniye, borotitanirovaniye, etc. Introduction of the second and the subsequent components in a covering allows not only to reduce fragility of a boridny layer, but also to accelerate process of saturation a little and to increase office properties. Studies have been to increase the wear resistance of tungsten-cobalt composite materials of the VK8, T5K10 type by the method of complex diffusion saturation with boron, chromium and titanium. Presented the results of diffusion hardening of sintered ceramic materials VK8 and T5K10. The thickness of the diffusion coating on these materials, installed metallographically reaches 17-20 microns, whereas the extent of the altered layer, measured dyurometrically reaches 70-90 microns, the average microhardness of the hardened layer is 1965 HV<sub>0,1</sub> for VK8 and 3150 HV<sub>0,1</sub> for material T5K10. According to the data of the production tests, the resistance of the removable incisal plates from VK8 hardened by diffusion of boron, chromium and titanium on the milling operation of cast steel was 1.8-2.1 times higher than the strength of the unreinforced ones.

**Keywords:** borating, chemical-thermal treatment, surface hardening

Проблема повышения ресурса работы и эксплуатационных характеристик режущего инструмента решается преимущественно производством дорогих объемнолегированных сталей либо заменой сталей на спеченные металлокерамические материалы, преимущественно WC-Co. Однако все большее распространение начинают приобретать и способы поверхностного легирования – нанесение различных покрытий.

Одним из наиболее простых и распространенных способов нанесения покрытий

является химико-термическая обработка (ХТО) [1], это диффузионный способ – когда деталь подвергают высокотемпературной выдержке в диффузионно-активной среде. Данный способ позволяет получать практически весь спектр известных на сегодняшний день диффузионных покрытий и даже такие покрытия, получить которые другими способами либо невозможно, либо значительно дороже. Например: цементация, азотирование, силицирование, борирование, хромирование, борохромирование, бороти-

танирование и др. [2, 3]. Широко используемая традиционная ХТО требует большого расхода электроэнергии в связи с длительностью высокотемпературных диффузионных процессов, хотя и повышает износостойкость инструмента, а это приводит к повышению стоимости изделия. Одним из наиболее перспективных методов ХТО является диффузионное борирование [4, 5], которому принадлежит лидерство в повышении таких свойств материалов, как износостойкость, теплостойкость и твердость поверхности [4, 6]. Ряд исследований воздействия насыщающих сред в виде обмазок при ХТО показал, что использование соединений бора с хромом в качестве добавки к карбиду бора значительно увеличивает срок службы деталей машин и инструмента [7, 8]. Борирование, хромирование, титанирование и совмещенные процессы (борохромирование, боротитанирование и борвольфрамирование) эффективнее, чем традиционно используемые цементация, азотирование и др., практически по всем параметрам свойств поверхностных слоев материала [9–11]. Боридные слои на сталях отличаются высокой износостойкостью, хромирование придает жаростойкость, а комбинированные покрытия совмещают в себе исходные свойства однокомпонентных. Работоспособность борохромированных слоев почти в два раза выше, чем борированных [9]. Однако известные методы получения таких упрочняющих покрытий несовершенны и достаточно трудоемки.

Процессы многокомпонентного насыщения позволяют сформировать многофазную структуру поверхностного слоя, обладающего комплексом полезных свойств [10, 12]. В ряде случаев ХТО является единственно возможным способом получения требуемых эксплуатационных свойств не только поверхности, но и изделия в целом [3, 12]. Более того, химико-термической обработкой можно получать такое сочетание свойств упрочненного изделия, которое другими методами получить невозможно [13, 14]. В этом случае ХТО можно рассматривать не как определенную операцию изготовления детали, а как метод получения принципиально нового конструкционного материала. Многокомпонентное насыщение разными элементами или насыщение ими наружной и внутренней поверхности изделия дает возможность создавать многослойные композиционные материалы с уникальными свойствами [15].

Следует отметить, что боридные слои, полученные диффузионным борированием, значительно (в 5–30 раз) повышают износ-

стойкость упрочненных изделий, их теплостойкость (в 1,5–2 раза), а также и коррозионную стойкость [4, 6]. Однако у боридных слоев есть существенный недостаток – их высокая хрупкость, ограничивающая их более широкое распространение [4, 11].

Данная проблема может быть решена путем создания многокомпонентных покрытий на основе бора: борохромированием, боротитанированием и т.д. [9, 10].

Введение второго и последующих компонентов в покрытие позволяет не только снизить хрупкость боридного слоя, но также несколько ускорить процесс насыщения и повысить служебные свойства [3, 7, 14].

Цель исследования: изучение микроструктуры и физико-механических свойств упрочненных методами многокомпонентного диффузионного насыщения поверхностей печенных керамических материалов из порошковой смеси, содержащей бор, хром и титан.

### Материалы и методы исследования

В качестве насыщающей среды использовали самозащитную порошковую смесь, насыщение вели в камерной печи типа СНОЛ, оборудованной ПИД-контроллером «Термодат 16Е-3». Температура и время насыщения соответственно выбраны равными 1050 °С и 1,5 ч в соответствии с рекомендациями [7, 10]. Часть образцов после насыщения извлекали из контейнера и подвергали закалке в масле непосредственно с температуры насыщения (время нахождения образца на воздухе не превышало 2 с), другую часть охлаждали вместе с контейнером до комнатной температуры, после чего распаковывали.

Микроструктуру материалов и диффузионных покрытий изучали на поперечных шлифах. Также измеряли толщину диффузионных покрытий, микротвердость диффузионных покрытий и основного материала. Подготовку для исследования методами оптической, электронной и сканирующей микроскопии осуществляли с помощью прецизионного отрезного станка MICRACUT–201. Далее образцы для оптической микроскопии запрессовывали в бакелитовый компаунд с помощью автоматического программируемого пресса METAPRESS, после чего осуществляли шлифовку на автоматическом шлифовально-полировальном станке DIGIPREP. Шлифование поверхностей проводили вначале на алмазных шлифовальных кругах MAGNETO I 54 grid и далее – на дисках MAGNETO II с зернистостью 18 grid. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости использовали воду. Полировку осуществляли на полировочных кругах с периодической подачей алмазной суспензии зернистостью 9, 6, 3, 1 мкм. На окончательном этапе осуществляли электролитическую полировку в электролите следующего состава: фосфорная кислота – 45 мас. %, серная кислота – 55 мас. %, уротропин – 10 г/л раствора. Рабочая температура раствора – 60–70 °С, плотность тока – 25–50 А/дм<sup>2</sup>.

Травление приготовленных шлифов осуществляли следующими реактивами:

– 5% спиртовой раствор йода: позволяет идентифицировать боридные фазы (высокобористая фаза

FeV не травится, оставаясь светлой, низкобористая фаза Fe<sub>2</sub>B окрашивается в темный цвет);

– 5% спиртовой раствор азотной кислоты («Ниталь») – выявление общей микроструктуры, идентификация фазового состава боридных покрытий и основного материала;

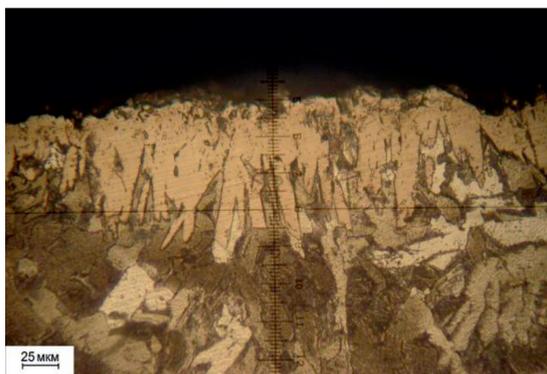
– пересыщенный водный раствор пикрата натрия – идентификация боридных фаз. Высокобористая фаза окрашивается в темный цвет, а низкобористая – в светлый.

### Результаты исследования и их обсуждение

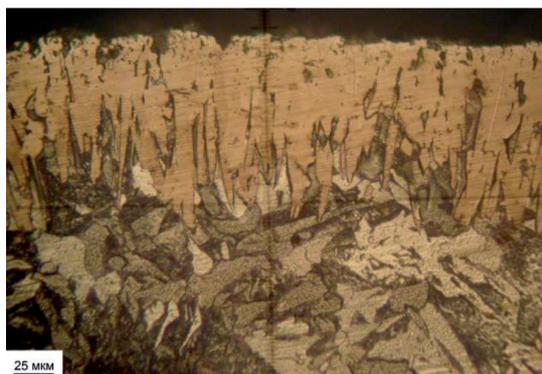
По результатам исследований установлено, что толщина диффузионных покрытий на образцах, не подвергавшихся закалке, в среднем в 1,15 раза превышает толщину диффузионных покрытий на закаленных образцах. Твердость основного материала на закаленных и незакаленных образцах ВК8 соответственно составила 1740 и 1470 HV<sub>0,1</sub>. Средняя микротвердость диффузионных покрытий на закаленных и незакаленных образцах ВК8 – соответственно

3400 HV<sub>0,1</sub> и 2750 HV<sub>0,1</sub>. Толщина диффузионного слоя на закаленных образцах составила порядка 12 мкм. Имелись следы скола и выкрашивания диффузионного слоя. Толщина диффузионного слоя на образцах, не подвергавшихся закалке, составила порядка 17 мкм, следов скола и выкрашивания диффузионного слоя не обнаружено. Характерной для боридов игольчатой микроструктуры покрытия также не обнаружено. Согласно данным производственных испытаний, стойкость упрочненных диффузионным бор-хром-титанированием съёмных резовых пластин из ВК8 на операции фрезерования литой стали оказалась в 1,8–2,1 раза выше стойкости неупрочненных.

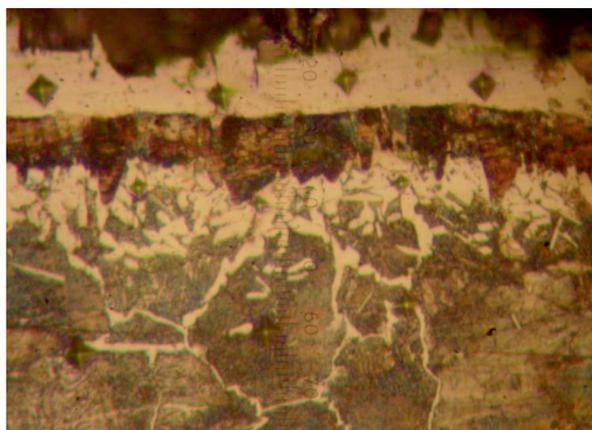
Как видно из рис. 2 и 3, диффузионное покрытие на металлографическом шлифе явно выделяется только в случае диффузионного насыщения ВК8 (рис. 3), тогда как в случае материала Т5К10 (рис. 2) явно выраженных различий структур диффузионного покрытия и основы не наблюдается.



а)

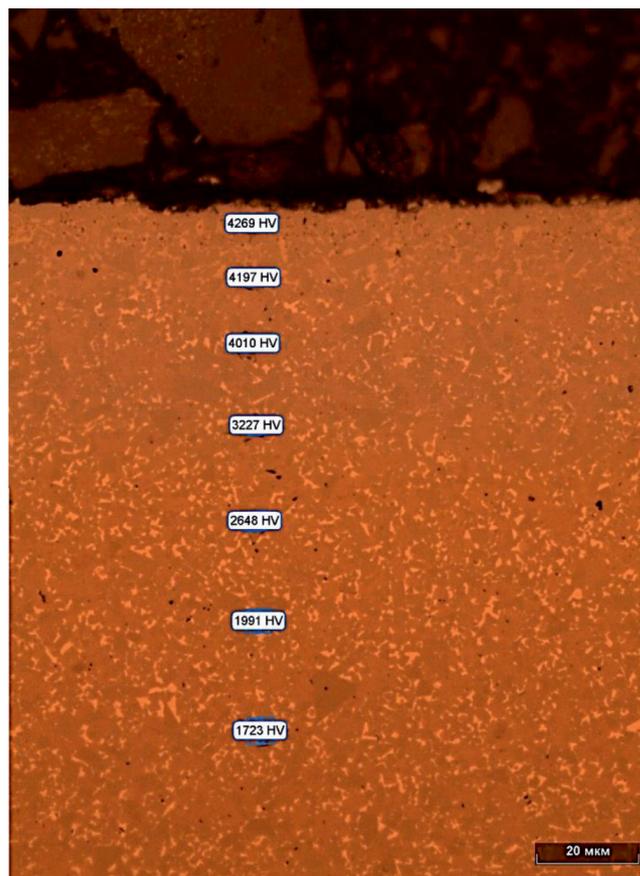


б)

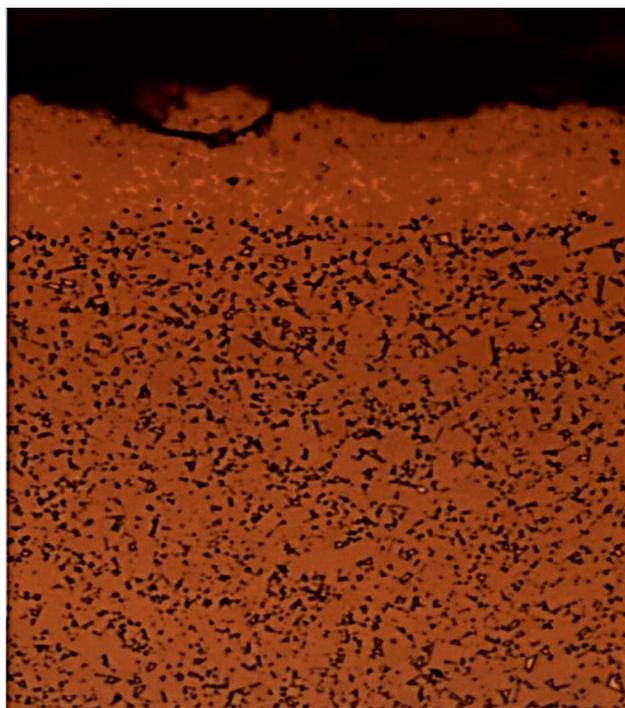


в (x400)

Рис. 1. Микроструктура диффузионного слоя на стали Ст3: а) боровольфрамирование, б) борирование, в) боротитанирование стали 45



*Рис. 2. Микроструктура диффузионного покрытия на спеченном материале T5K10 с распределением микротвердости по сечению покрытия*



*Рис. 3. Микроструктура диффузионного покрытия на спеченном материале BK8*

Таблица 1

Распределение микротвердости диффузионного комплексного бор-хром-титанового покрытия на керамическом материале Т5К10

№ отпечатка	Минимальная диагональ	Максимальная диагональ	Средняя диагональ	HV (100 г)	Расстояние, мкм
	1	4,47	4,48	4,48	4269
2	4,56	4,56	4,56	4197	10,7
3	4,77	4,75	4,76	4010	23,7
4	5,88	5,9	5,89	3227	39,9
5	6,95	6,99	6,97	2648	58,7
6	9,26	9,28	9,27	1991	78,6
7	10,41	10,45	10,43	1723	100
Среднее значение	–	–	–	3152	
Глубина слоя, мкм	97,2				

Таблица 2

Распределение микротвердости диффузионного комплексного бор-хром-титанового покрытия на керамическом материале ВК8

№ отпечатка	Минимальная диагональ	Максимальная диагональ	Средняя диагональ	HV(100 г)	Расстояние, мкм
	1	8,54	8,91	8,73	2435
2	9,64	9,76	9,7	1971	16,6
3	9,64	9,79	9,71	1966	30,1
4	9,76	9,76	9,76	1946	52,8
5	10	10	10	1845	61,6
6	9,89	10,2	10	1845	84,8
7	10,3	10,3	10,3	1745	93,5
Среднее значение	–	–	–	1965	
Глубина слоя, мкм	76,5				

Борированные пластины из материала Т5К10 упрочняли без закалки, так как добавки карбида титана значительно повышают как твердость материала, так и его хрупкость. Поэтому во избежание растрескивания образцов при закалке вследствие термических напряжений, от операции закалки решено было отказаться.

Результаты дюрOMETрического анализа распределения микротвердости диффузионных бор-хром-титановых покрытий на материалах Т5К10 и ВК8 представлены в табл. 1 и 2.

### Выводы

1. Проведенные исследования показали возможность упрочнения спеченных керамических материалов ВК8 и Т5К10 методами многокомпонентного диффузионного насыщения из порошковой смеси, содержащей бор, хром и титан.

2. Толщина слоя диффузионного покрытия на этих материалах, устанавливаемая металлографическим методом, составляет

17–20 мкм, тогда как протяженность измененного слоя, измеренная дюрOMETрическим методом, достигает 70–90 мкм.

3. Средняя микротвердость упрочненного слоя при этом составляет 1965 HV<sub>0,1</sub> для ВК8 и 3152 HV<sub>0,1</sub> для материала Т5К10.

4. По данным производственных испытаний, стойкость упрочненных диффузионным бор-хром-титанированием съёмных резовых пластин из ВК8 на операции фрезерования литой стали оказалась в 1,8–2,1 раза выше стойкости неупрочненных.

### Список литературы

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник // Под ред. Л.С. Ляховича. М.: Металлургия, 1981. 424 с.
2. Бельский Е.И., Ситкевич М.В., Понкратин Е.И., Стефанович В.А. Химико-термическая обработка инструментальных материалов. Минск: Наука и техника, 1986. 247 с.
3. Matsushita M. Boronization and Carburization of Superplastic Stainless Steel and Titanium-Based Alloys. Materials 2011. Vol. 4. P. 1309–1320. DOI:10.3390/ma4071309.
4. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. М.: Металлургия, 1978. 239 с.

5. Sesen F.E., Ozgen O.S. A study on electrothermochemical boronizing of an if steel. *Sigma*. 2014. No 32. P. 334–347.
6. Кухарев Б.С., Фисенко С.П., Шабуня С.И. Диффузионные модели образования новых фаз при борировании железа. Минск: АНК «ИТМО им. А.В. Лыкова», 1992. 27 с.
7. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Власова О.А. Интенсификация процессов химико-термической обработки металлов и сплавов // *Фундаментальные исследования*. 2008. № 8. С. 10.
8. Гурьев М.А., Гурьев А.М., Иванов А.Г., Иванов С.Г. Анализ влияния природы легирующих элементов в высоколегированных сталях на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного борирования // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2010. № 5. С. 155–157.
9. Иванов С.Г., Гурьев А.М., Старостенков М.Д., Иванова Т.Г., Левченко А.А. Особенности приготовления насыщающих смесей для диффузионного борохромирования // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2014. Т. 57. № 2. С. 116–118.
10. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Долгоров А.А. Структура и свойства упрочненных бором и бором совместно с титаном поверхности штамповых сталей 5ХНВ и 5Х2НМВФ // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. 2010. Т. 7. № 1. С. 27–31.
11. Gurev A.M., Ivanov S.G., Gurev M.A., Chernykh E.V., Ivanova T.G. Chemicothermal treatment of tool materials. *Steel in Translation*. 2015. Т. 45. № 8. P. 555–558.
12. Guriev A.M., Ivanov S.G., Guriev M.A. Comparison of the microstructure of boron-based diffusion coatings obtained from different pastes // *Письма о материалах*. 2014. Т. 4. № 4 (16). С. 257–260.
13. Ivanov S.G., Guriev M.A., Loginova M.V., Guriev A.M., Deev V.B. Boriding of titanium OT4 from powder saturating media. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 2017. Т. 58. № 3. P. 244–249.
14. Biplab Sarma. Accelerated kinetics and mechanism of growth of boride layers on titanium under isothermal and cycling diffusion. Dissertation of doctor of Philosophy. University of Utah. May 2011. 167 p.
15. ASM Handbook, Volume 4, Heat Treating. 1991 by ASM International Handbook Committee. Printed in the United States of America. 2173 p.

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ПЕРЦЕПЦИИ

**Золотин А.Ю., Вайнерман Е.С., Симоненко С.В., Симоненко Е.С.**

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

В статье рассматривается практический подход к исследованию органолептического восприятия в аспекте методики решения внешней задачи органолептической перцепции. Основной позицией методики является алгоритм варьирования органолептических параметров продукта. Экспериментальные исследования проведены в рамках плана полного факторного эксперимента. Переменными плана являются параметры вкуса, запаха, консистенции, цвета; параметрами отклика – органолептическое восприятие продукта или восприятие его отдельных органолептических параметров. Органолептическое восприятие оценивается по гедонической шкале в граничных номинациях «приятный» – «неприятный». Объектом исследований является органолептическое восприятие модельных продуктов в качестве которых рассматриваются соус майонезный, напиток ореховый, продукт творожный, десерт ореховый. Изменение органолептического восприятия достигается варьированием состава продуктов посредством комбинирования ингредиентов и изменения их количественного соотношения. Для конкретного модельного продукта диапазоны изменения органолептических параметров ассоциируются с диапазонами изменения массовых долей и соотношений ингредиентов. Определение выходных параметров (органолептического восприятия) проведено в соответствии с матрицей плана эксперимента. Результаты реализации практического подхода рассмотрены на примере создания рецептуры соуса майонезного для детей дошкольного и школьного возраста. В результате проведения двухступенчатого эксперимента получено соотношение массовых долей «вкусовых» ингредиентов, обеспечивающее позитивное восприятие продукта: сахар-песок – 1,6% мас.; соль поваренная – 1,2% мас.; сок лимонный – 5,5% мас.

**Ключевые слова:** органолептическое восприятие, модальность, планирование эксперимента, общие переменные, частные переменные, параметры отклика

## A PRACTICAL APPROACH TO THE STUDY OF ORGANOLEPTIC PERCEPTION

**Zolotin A. Yu., Vaynerman E. S., Simonenko S. V., Simonenko E. S.**

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

This article considers a practical approach to the study of organoleptic perception in the light of the method of solving the external problem of organoleptic perception. The main point of the method is the algorithm of varying the organoleptic parameters of a food product. Experimental studies have been carried out within the framework of a full factor experiment. The variables of the design are the parameters of taste, smell, consistency, and color; the parameters of the response are organoleptic perception of the product or the perception of its individual organoleptic parameters. Organoleptic perception is estimated on a hedonic scale in the limiting nominations of «agreeable» – «disagreeable». The object of the study is the organoleptic perception of model products, such as mayonnaise sauce, nut drink, curd product, and nut dessert. The change in organoleptic perception is achieved through varying the products composition by combining its ingredients and changing their quantitative ratio. For a specific model product, ranges of changes in organoleptic parameters are associated with ranges of changes in mass fractions and the ratio of ingredients. Determination of the output parameters (organoleptic perception) has been carried out in accordance with the experiment design matrix. The results of implementing the practical approach are considered on the example of creating a formula of mayonnaise sauce for preschool and school children. As a result of a two-step experiment, we obtained the ratio of mass fractions of «flavoring» ingredients that provides a positive perception of the product: granulated sugar: 1.6% wt.; common salt: 1.2% wt.; and lemon juice: 5.5% wt.

**Keywords:** organoleptic perception, modality, experiment design, common variables, particular variables, response parameters

Исследование характера органолептического восприятия пищевого продукта требует одновременного изменения нескольких параметров, определяющих восприятие, варьирование которых должно быть структурировано в рамках определенной схемы проведения эксперимента.

Цель работы: обоснование возможности и целесообразности использования методов планирования эксперимента при исследовании органолептического восприятия в практическом аспекте разработки пищевых продуктов.

Материалом исследования являются образцы модельного продукта.

В работе использованы методы органолептического анализа и планирования эксперимента.

### Результаты исследования и их обсуждение

Практический подход к исследованию органолептического восприятия в аспекте решения внешней задачи органолептической перцепции реализуется в методике исследований и результатах ее применения к разработке продуктов.

Схематично в методике выделяются следующие позиции:

- выбор модельного продукта;

- варьирование органолептических параметров модельного продукта согласно определенному алгоритму;

- определение методов оценки органолептического восприятия и обработки результатов оценки;

- выявление органолептического восприятия модельного продукта при его органолептических испытаниях;

- обработка и обобщение полученных результатов.

Основной позицией следует считать алгоритм варьирования органолептических параметров продукта.

Органолептические параметры можно рассматривать в качестве денотата понимания модальности как вида чувствительности (зрения, осязания, обоняния, вкуса, слуха), согласно которой возникают определённые ощущения и формируется восприятие внешнего вида, цвета, текстуры, консистенции, запаха, вкуса продукта. В рамках одной модальности имеют место различия в восприятии, обусловленные признаками модальности (например, признаки вкуса: сладкий, соленый, кислый, горький). Степень проявления признака определяется как интенсивность признака (например, кислый вкус по интенсивности может быть охарактеризован как слабо-, умеренно-, сильнокислый).

Вкусовая, обонятельная, осязательная, зрительная модальности, признаки модальностей, интенсивность признаков, формирующие органолептическое восприятие продукта, создаются и изменяются посредством комбинации и варьирования количественных соотношений «вкусных», «пахучих», «текстурных» («консистентных»), «цветовых» ингредиентов в рецептуре продукта.

В рецептуре всегда можно выделить ингредиенты, оказывающие прямое и косвенное воздействие на модальности (органолептические параметры), признаки модальностей, восприятие признаков модальностей и органолептическое восприятие продукта. Так, сахара определяет сладкий вкус и восприятие продукта как «сладкого» (прямое воздействие); органические кислоты в сочетании с сахарозой деформируют сладкий вкус (косвенное воздействие) трансформируют восприятие сладкого в восприятие, например, кисло-сладкого (или сладко-кислого).

Экспериментальные исследования целесообразно проводить с привлечением положений, принятых в теории и практике планирования эксперимента [1, 2].

Учитывая комплексное воздействие ингредиентов на органолептическое восприятие продукта, постановку эксперимента на начальном этапе исследований целесо-

образно формулировать в рамках плана полного факторного эксперимента ПФЭ  $2^n$ , так как этот план при своей простоте позволяет, в определенной мере учесть эффекты межфакторных взаимодействий.

Общее число опытов при реализации плана  $N = 2^n$ , где  $n$  – число значимых факторов (переменных), учитываемых в эксперименте.

Матрица плана в двоичной системе кодирования приведена в табл. 1.

Общие переменные могут быть представлены через частные переменные:

$$\bar{X}_1 \rightarrow \{X_{11}, X_{12} \dots X_{1n}\}; \bar{X}_2 \rightarrow \{X_{21}, X_{22} \dots X_{2n}\};$$

$$\bar{X}_3 \rightarrow \{X_{31}, X_{32} \dots X_{3n}\}; \bar{X}_4 \rightarrow \{X_{41}, X_{42} \dots X_{4n}\}.$$

Смысл частных и общих переменных заключается в следующем.

Какой-либо признак модальности (например, сладкий вкус), восприятие признака и, в целом, органолептическое восприятие продукта, как правило, формируют несколько ингредиентов. Интенсивность признака модальности конкретного ( $n$ -го) ингредиента является частной переменной  $X_n$ . Общая переменная объединяет несколько частных переменных  $X \rightarrow \{X_1, X_2 \dots X_n\}$ .

В случае, если в формировании признака модальности, восприятия признака или органолептического восприятия продукта участвует одна переменная (или, что более вероятно, если можно сделать такое допущение), понятие общей и частной переменной совпадают  $\bar{X}_n \leftrightarrow X_n$ .

Параметром отклика является органолептическое восприятие продукта или восприятие его отдельных органолептических параметров (вкус, запаха, текстуры, цвета). Для оценки параметра отклика он должен быть качественно или количественно охарактеризован.

Вопрос количественной характеристики органолептического восприятия в настоящей работе не обсуждается; органолептическое восприятие продукта оценивается качественно по шкале предпочтений (гедонической шкале) в граничных номинациях «вкусный» – «невкусный» или «приятный» – «неприятный».

Формализация оценочных шкал признаков модальностей индивидуальна и определяется характером признака, отраженного в конкретном продукте.

При определении интервалов изменений общих и частных переменных необходимо обеспечить выполнение двух основных условий:

- нижний и верхний уровни интервалов не должны выходить за пределы интервалов допустимого варьирования переменных;

Таблица 1

Матрица плана полного факторного эксперимента

Номер опыта	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_3$	$\bar{X}_4$	Y
1	0	0	0	0	Y <sub>1</sub>
2	1	0	0	0	Y <sub>2</sub>
3	0	1	0	0	Y <sub>3</sub>
4	1	1	0	0	Y <sub>4</sub>
5	0	0	1	0	Y <sub>5</sub>
6	1	0	1	0	Y <sub>6</sub>
7	0	1	1	0	Y <sub>7</sub>
8	1	1	1	0	Y <sub>8</sub>
9	0	0	0	1	Y <sub>9</sub>
10	1	0	0	1	Y <sub>10</sub>
11	0	1	0	1	Y <sub>11</sub>
12	1	1	0	1	Y <sub>12</sub>
13	0	0	1	1	Y <sub>13</sub>
14	1	0	1	1	Y <sub>14</sub>
15	0	1	1	1	Y <sub>15</sub>
16	1	1	1	1	Y <sub>16</sub>

В таблице применяются следующие обозначения:

$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4$  – общие переменные вкуса, запаха, текстуры (консистенции), цвета, соответствующие основным модальностям;

Y – параметр отклика;

0; 1 – нижний и верхний уровни интервалов изменения общих переменных.

— контур матрицы двухфакторного плана ( $2^2$ );

----- контур матрицы трехфакторного плана ( $2^3$ );

----- контур матрицы четырехфакторного плана ( $2^4$ ).

• переход с нижнего на верхний уровень интервалов изменения частных переменных должен сопровождаться распознаваемым изменением параметра отклика (признаков вкуса, запаха, текстуры, цвета).

Пределы интервалов допустимого варьирования переменных определяются:

• нормативными ограничениями содержания в продукте тех или иных веществ, входящих в состав ингредиентов;

• фактическим опытом использования ингредиентов в части их влияния на свойства продукта;

• субъективно, соображениями здравого смысла или интуицией.

Планы последующих этапов экспериментальных исследований выстраиваются после обработки результатов реализации плана полного факторного эксперимента на первом этапе.

Контекстуальные понятия модальности, признаков модальности, интенсивности признаков модальности актуализируются в модельном продукте, органолептическое восприятие которого является объектом экспериментальных исследований. При выборе модельных продуктов должны учитываться возрастные, социальные, этнические, возможно, гендерные факторы, что позволяет повысить достоверность исследований, приблизив их к реальному потребителю.

Анализ ассортимента продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста, тенденций его развития, связанных с расширением номенклатуры используемых ингредиентов, позволил выделить инновационную группу продуктов, сырьевой основой которых являются жидкая (экстракт) или твердая (шрот) фракции семян сосны сибирской кедровой (кедрового ореха) [3, 4].

В качестве модельных продуктов данной группы рассматриваются соус майонезный, напиток ореховый, продукт творожный, десерт ореховый, состав которых удовлетворяет критериям выбора модельных продуктов, в соответствии с которыми:

- предпочтительно совместное использование возможно большего числа модальностей (критерий вовлеченности);

- желательна оперирование возможно широкими диапазонами изменения признаков и интенсивности признаков одной модальности (критерий вариабельности);

- допустимо широкое изменение признаков различных модальностей, не приводящих к антагонистическим проявлениям (критерий совместимости).

Изменение органолептического восприятия продуктов является следствием варьирования их состава посредством комбинирования ингредиентов и изменения их количественных соотношений.

Перечень ингредиентов, входящих в состав продуктов, представлен в табл. 2.

Использование фракций семян сосны сибирской кедровой в составе продуктов вносит элемент неординарности в органолептическое восприятие, обусловленный оригинальностью оттенков вкуса и запаха, привносимыми в продукт экстрактом или шротом семян. Экспериментирование с указанными продуктами позволяет варьировать в широком диапазоне текстуру – органолептический показатель, оценка которого неоднозначна, а нормативная дефиниция вызывает вопросы [5].

Каждый из ингредиентов, приведенных в табл. 2, в той или иной степени оказывает влияние на восприятие определенного органолептического параметра соответствующего продукта (табл. 3).

Для исследуемого модельного продукта в рамках конкретных модальностей, формализованных значимыми органолептическими признаками модальностей (органолептических параметров) и диапазоны изменения интенсивности признаков (органолептических параметров), ассоциированы с диапазоном изменения массовых долей и соотношений ингредиентов, поставленных в соответствие с определенной модальностью (органолептическим параметром).

В соответствии с матрицей плана (табл. 1) проводится серия опытов по определению выходных параметров – органолептического восприятия продукта, которое фиксируется в категориях принятой оценочной шкалы. Метод обработки результатов исследований в значительной степени определяется характером полученных результатов и стратегией дальнейших исследований.

Рассмотренный план полного факторного эксперимента, в принципе, предполагает многостадийность исследований. В этом случае полученные результаты рассматриваются в качестве исходных данных для построения последующего плана.

Практически проведение серии опытов является не чем иным, как проведением испытаний образцов продукта, полученных по определенным рецептурам при варьировании количественных и/или качественных характеристик ингредиентов. В этом случае, в матрице плана (табл. 1) общие переменные  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4$  представляют собой количественные или качественные характеристики ингредиентов, оказывающих значимое влияние на органолептическое восприятие продукта, опосредованное его вкусом, запахом, цветом, текстурой (консистенцией).

Таблица 2

Ингредиентный состав модельных продуктов.

Наименование продукта	Ингредиенты
Соус майонезный	Вода питьевая; сыворотка молочная; экстракт семян сосны сибирской кедровой; масло растительное; гидроколлоиды; порошок желтка куриного яйца; соль поваренная; сахар-песок; сок (лимонный, апельсиновый, мандариновый), лимонная кислота
Напиток ореховый	Экстракт семян сосны сибирской кедровой; гидроколлоиды; сок фруктовый (ягодный); какао-порошок; сахар-песок; ароматизаторы
Продукт творожный	Творог; шрот семян сосны сибирской кедровой; экстракт семян сосны сибирской кедровой; сливки; гидроколлоиды; наполнители овощные (укроп, петрушка, эстрагон, базилик, орегано, лук зеленый); соль поваренная
Десерт ореховый	Шрот семян сосны сибирской кедровой; наполнители овощные (укроп, лук зеленый (чеснок); наполнители фруктовые (ягодные); сахар-песок; соль поваренная

Таблица 3

Качественная корреляция ингредиентов и воспринимаемых органолептических параметров

Продукт	Воспринимаемый параметр	Ингредиенты
Соус майонезный	Вкус	Экстракт семян сосны сибирской кедровой Сыворотка молочная Масло растительное Сахар, соль Лимонная кислота, сок фруктовый
	Текстура	Экстракт семян сосны сибирской кедровой Сыворотка молочная Масло растительное Порошок желтка куриного яйца Гидроколлоиды
Напиток ореховый	Вкус	Экстракт семян сосны сибирской кедровой Сахар Сок фруктовый (ягодный) Какао-порошок
	Запах Текстура	Экстракт семян сосны сибирской кедровой Какао-порошок Ароматизаторы
	Цвет	Экстракт семян сосны сибирской кедровой Гидроколлоиды Сок фруктовый (ягодный)
Продукт творожный	Вкус	Творог Шрот семян сосны сибирской кедровой Экстракт семян сосны сибирской кедровой
	Текстура	Сливки Наполнители овощные Соль поваренная Творог Шрот семян сосны сибирской кедровой Экстракт семян сосны сибирской кедровой Сливки Наполнители овощные Гидроколлоиды
Десерт ореховый	Вкус	Шрот семян сосны сибирской кедровой Наполнители овощные, фруктовые, ягодные Сахар Соль поваренная
	Текстура	Шрот семян сосны сибирской кедровой Наполнители овощные, фруктовые, ягодные
	Цвет	Шрот семян сосны сибирской кедровой Наполнители овощные, фруктовые, ягодные

Результаты практического применения изложенного метода рассмотрим на примере создания рецептуры соуса майонезного для детей дошкольного и школьного возраста.

На основе анализа информации по ассортименту и вопросам разработки майонезных соусов, ранее полученных результатов разработки подобных продуктов принят базовый состав продукта, в который входят следующие ингредиенты: экстракт семян сосны сибирской кедровой, масло растительное, концентрат сывороточных белков, сахар-песок, соль поваренная, сок лимонный.

Концентрат сывороточных белков оказывает прямое воздействие на формирование консистенции и восприятие текстуры про-

дукта, косвенно оказывая влияние на восприятие вкуса через изменение текстуры.

Экстракт и растительное масло формируют как вкус, так и текстуру.

Сахар-песок, поваренная соль, сок лимонный являются чисто «вкусовыми» ингредиентами.

В рецептуре продукта массовая доля растительного масла (0,6) принята как для высокожирного продукта; массовая доля концентрата сывороточных белков (0,05) – из соображений адекватности замены порошка желтка куриного яйца.

Массовая доля экстракта является вынужденной и определяется разностью  $1 - \sum m$ , где  $\sum m$  – сумма массовых долей ингредиентов (за исключением экстракта).

Сумма массовых долей «вкусовых» ингредиентов подлежит определению в процессе органолептических испытаний образцов продукта в аспекте выявления характера органолептического восприятия.

В табл. 4 приведены диапазоны изменения массовых процентов «вкусовых» ингредиентов на первой ступени эксперимента.

**Таблица 4**

Граничные значения диапазонов изменения массовых процентов «вкусовых» ингредиентов на первой ступени эксперимента

Массовый процент	Нижний уровень (0)	Верхний уровень (1)
$M_1$	1,2	2,0
$M_2$	0,8	1,2
$M_3$	5,0	6,0

$M_1$  – массовый процент сахара-песка;  
 $M_2$  – массовый процент поваренной соли;  
 $M_3$  – массовый процент лимонного сока.

Матрица эксперимента согласно табл. 1 представлена в табл. 5.

**Таблица 5**

Матрица первой ступени эксперимента

Номер образца (опыта)	$M_1$	$M_2$	$M_3$
1	1,2	0,8	5,0
2	2,0	0,8	5,0
3	1,2	1,2	5,0
4	2,0	1,2	5,0
5	1,2	0,8	6,0
6	2,0	0,8	6,0
7	1,2	1,2	6,0
8	2,0	1,2	6,0

В каждом из восьми опытов испытателями оценивалось органолептическое восприятие образцов. На основании оценки образцы ранжировались каждым испытателем от лучшего к худшему с присвоением образцам баллов от 1 (лучший образец) до 8 (худший образец). По данным ранжирования для каждого образца рассчитывается суммарный оценочный балл по формуле

$$B = \sum_{i=1}^n m_i k_i, \quad (1)$$

где  $m_i$  – дискретное значение оценочного балла от  $i = 1$  до  $i = n$  (место образца в цепочке ранжирования, сформированной каждым испытателем);  
 $k_i$  – число оценок, приходящихся на  $i$ -й оценочный балл.

По наименьшему численному значению оценочного балла определяется лучший образец.

По результатам эксперимента, реализованного в соответствии с планом изменения массовых процентов ингредиентов, приведенных в табл. 5, наименьший суммарный балл (при участии в эксперименте шести испытателей) имеет образец № 6:

$$B = 1 \times 1 + 2 \times 1 + 3 \times 3 + 4 \times 1 = 16. \quad (2)$$

На второй ступени эксперимента одним из уровней диапазона изменения массовых процентов ингредиентов явилось среднее значение между нижним и верхним уровнем изменения массовых процентов на первой ступени.

Другой уровень определялся тенденцией изменения органолептического восприятия в позитивную сторону при уменьшении или увеличении массового процента соответствующего ингредиента, выявленной на первой ступени эксперимента.

Установлено, что органолептическое восприятие имеет позитивную тенденцию при увеличении в принятом диапазоне массовых процентов сахара-песка и лимонного сока и уменьшении массового процента поваренной соли.

С учетом полученных данных в табл. 6 приведены диапазоны изменения массовых процентов «вкусовых» ингредиентов на второй ступени эксперимента.

**Таблица 6**

Граничные значения диапазонов изменения массовых процентов «вкусовых» ингредиентов на второй ступени эксперимента

Массовый процент	Нижний уровень (0)	Верхний уровень (1)
$M_1$	1,2	2,0
$M_2$	0,8	1,2
$M_3$	5,0	6,0

Матрица эксперимента представлена в табл. 7.

**Таблица 7**

Матрица второй ступени эксперимента

Номер образца (опыта)	$M_1$	$M_2$	$M_3$
1	1,6	0,8	5,5
2	2,0	0,8	5,5
3	1,6	1,0	5,5
4	2,0	1,0	5,5
5	1,6	0,8	6,0
6	2,0	0,8	6,0
7	1,6	1,0	6,0
8	2,0	1,0	6,0

Оценка органолептического восприятия образцов проводилась по вышеизложенной схеме.

По результатам эксперимента, реализованного в соответствии с планом изменения массовых процентов ингредиентов, приведенного в табл. 7, наименьший суммарный балл (при участии в эксперименте шести испытателей) имеет образец № 3:

$$B = 1 \times 2 + 2 \times 2 + 3 \times 1 + 4 \times 1 = 13. \quad (3)$$

Сопоставление численных значений рассчитанного суммарного балла (формулы (2) и (3)) показывает, что лучшим образцом с точки зрения его органолептического восприятия является образец № 3 второй ступени эксперимента, в котором массовые проценты «вкусовых» ингредиентов имеют следующие значения: сахар-песок – 1,6% мас, соль поваренная – 1,2% мас, сок лимонный 5,5% мас.

Полученное соотношение массовых долей «вкусовых» ингредиентов обеспечивает позитивное восприятие данного вида майонезного соуса.

#### Заключение

Рассмотренный метод планирования эксперимента на примере конкретного пищевого продукта позволяет структурировать проведение экспериментальных исследований при разработке про-

дукта, предполагающих одновременное варьирование нескольких независимых параметров и получение их значений, обеспечивающих позитивный характер органолептического восприятия продукта. Примененный метод не является единственным при планировании эксперимента, но обладает преимуществом простоты и наглядности.

*Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. по направлению № 0529-2014-0204.*

#### Список литературы

1. Блинова И.П. Планирование и организация эксперимента. Минск: БГТУ, 2010. 130 с.
2. Спирин Н.А., Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: конспект лекций. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. 257 с.
3. Вайнерман Е.С., Золотин А.Ю., Голубева Л.Н., Шахайло Н.А. Кедровый орех – реальная альтернатива импорту // Пищевая промышленность. 2016. № 3. С. 48–51.
4. Золотин А.Ю., Дмитриева С.Е., Вайнерман Е.С., Сидорова Е.В. Роль некоторых факторов в технологии продуктов здорового питания // III Балтийский морской форум «Инновации в технологии здорового питания»: сборник научных трудов по материалам Международной научной конференции (отв. редактор И.М. Титова). 2015. С. 271–278.
5. ГОСТ Р ИСО 5492-2014. Органолептический анализ. Словарь. М.: Стандартиформ, 2015. 52 с.

УДК 666.32(574)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ДОРОЖНОГО МАТЕРИАЛА (КЕРАМДОРА) НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА****Монтаев С.А., Шингузжиева А.Б., Монтаева Н.С.***Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск,  
e-mail: shing.a@mail.ru*

В данной работе представлены результаты научно-экспериментальных работ для получения керамического дорожного материала – керамдора. Проведен литературный обзор предшествующих научных исследований по получению дорожных материалов. Показан сравнительный анализ технологических процессов получения как природных, так и искусственных заполнителей и их физико-механические свойства. Создание новых заполнителей с улучшенными теплоизолирующими свойствами, снижение показателей плотности заполнителей является актуальной задачей развитых стран, так как они направлены на производство высококачественного материала во всем мире. Для получения керамдора используются местные сырьевые материалы Западного Казахстана. С учетом физико-механических свойств разработаны компонентные составы на основе лессовидного суглинка в композиции с мелкозернистым песком. Результаты испытания физико-механических свойств керамического материала показали, что с увеличением количества мелкозернистого песка и повышением температуры обжига до 1100 °С наблюдается рост средней плотности и прочностных показателей образцов. Установлены основные закономерности изменения прочности и средней плотности обожженных образцов керамдора в интервале температур 950–1100 °С. Полученный продукт обладает высокими прочностными характеристиками. Полученные научно-экспериментальные данные служат основой для разработки эффективной технологии производства керамдора по критерию ресурсо- и энергосбережения.

**Ключевые слова:** керамдор, обжиг, суглинок, мелкозернистый песок, плотность, прочность**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING CERAMIC ROAD MATERIAL (KERAMDOR) BASED ON NATURAL TECHNOGENIC RESOURCES OF WESTERN KAZAKHSTAN****Montaev S.A., Shinguzhieva A.B., Montaeva N.S.***West Kazakhstan Agricultural and Technical University named after Zhangir Khan,  
Uralsk, e-mail: shing.a@mail.ru*

In this paper, the results of scientific and experimental works for the production of ceramic road material – keramdor are presented. A literature review of previous scientific studies on the production of road materials has been conducted. A comparative analysis of the technological processes of obtaining both natural and artificial aggregates and their physical-mechanical properties was carried out. The creation of new aggregates with improved heat insulating properties, lowering the density of fillers is an actual task for developed countries, as they are aimed at producing high-demand materials all over the world. To obtain the keramdor, the local raw materials of Western Kazakhstan are used. Taking into account the physical and mechanical properties, component compositions based on loess loam in composition with fine-grained sand have been developed. The results of testing the physical and mechanical properties of a ceramic material showed that with an increase in the amount of fine-grained sand and the firing temperature up to 1100 °C, an increase in the average density and strength properties of the samples is observed. The main regularities of the change in strength and average density of burned samples of keramdor in the temperature range 950–1100 °C are established. The obtained product has high strength characteristics. The obtained scientific and experimental data serve as the basis for the development of an effective production technology for the keramdor according to the criterion of resource and energy saving.

**Keywords:** ceramdor, burn, loam, fine grained sand, density, strength

В ряде областей Казахстана (Западно-Казахстанская, Атырауская, Кустанайская и другие области) вследствие геологических особенностей территории отсутствуют прочные каменные материалы. Проведенные маркетинговые исследования по определению спроса щебня на рынке строительных материалов г. Уральска и Западно-Казахстанской области показали, что ежегодный спрос на щебень в данных регионах составляет более 1 млн 200 тыс. т.

В настоящее время Западно-Казахстанская и Атырауская области обеспечиваются щебнем из Актюбинской области, расстоя-

ние между ними составляет более 600 км. Например, цена доставки одной тонны щебня в Западно-Казахстанскую и Атыраускую область из Актюбинской области (Мугалджарское месторождение горных пород) увеличивается в 5 раз и более. Экономические расчеты показывают, что транспортировка щебня на расстояние более 70–100 км становится нерентабельной.

Использование больших объемов привозных каменных материалов значительно удорожает в целом строительство, включая дорожное, и вызывает организационные трудности. В таких районах целесообразно

применять каменные материалы, полученные по специально разработанным технологиям на основе переработки легкодоступных глинистых пород и крупнотоннажных техногенных ресурсов (различные виды шлаков и зол и т.п.). В строительном материаловедении их относят к искусственным заполнителям (керамзит, термолит), которые по своим физико-механическим свойствам не уступают природным, а по некоторым характеристикам даже превосходят их.

К основным их преимуществам касательно физико-механических свойств относятся такие важные совместимые характеристики, как легкость, относительно высокие прочностные показатели, звуко- и теплоизолирующие свойства по сравнению с традиционными заполнителями, полученными на основе переработки природных твердых горных пород. К числу таких самых распространенных природных твердых горных пород относятся граниты, известняки, доломиты и т.п. Заполнители, полученные на основе этих материалов, широко применяются в гражданском, промышленном и дорожном строительстве благодаря высоким прочностным показателям.

Анализ сравнения технологических процессов получения природных и искусственных заполнителей и их физико-механических свойств позволил сделать следующие заключения:

1. Средняя плотность природных заполнителей в виде щебня колеблется в пределах 1400–1800 кг/м<sup>3</sup>, что относит их к категории тяжелых материалов. Коэффициент теплопроводности у указанных материалов более 2,0 Вт/мК, что свидетельствует об отсутствии теплоизолирующих свойств.

2. Нет возможности регулировать заложенные природой их свойства в сторону снижения средней плотности и повышения теплоизолирующих свойств.

3. Высокая средняя плотность природных заполнителей в виде щебня сильно влияет на логистику. Это означает, что потребитель получает продукт в меньшем объеме, так как транспортные средства загружаются в зависимости от их грузоподъемности. Например, автотранспорт с объемом кузова 10 м<sup>3</sup> загружается наполовину, так как полная загрузка превышает их грузоподъемность. В результате потребитель оплачивает полные транспортные расходы за меньший объем привезенного материала.

4. Искусственные заполнители, получаемые на основе природных глинистых пород, имеют преимущества: низкую среднюю плотность (400–1000 кг/м<sup>3</sup>) и звуко- и теплоизоляционные свойства. Коэффици-

циент теплопроводности таких материалов находится в пределах 0,1–0,8 Вт/мК.

5. Одним из существенных преимуществ технологии получения искусственных заполнителей является возможность проектирования и регулирования свойств конечного продукта путем изменения технологических параметров производства на стадии разработки новых сырьевых составов сырьевых смесей, на стадии дробления, помола и перемешивания композиции путем дополнительного введения модифицирующих добавок, формования, сушки и обжига.

6. Инновационные подходы в области создания искусственных заполнителей – это основа для реализации новых технологических решений и получения материалов с совершенно новыми свойствами, востребованными на внутреннем и внешнем рынке и соответствующими критерию ресурсо- и энергосбережения.

С точки зрения создания отечественных технологий получения искусственных заполнителей, в Казахстане наибольший интерес представляет организация производства керамического дорожного материала (керамдор), представляющего собой искусственный щебень (гравий), получаемый путем обжига гранул глинистых пород во вращающихся печах.

Обзор предшествующих научных исследований, проведенных в мире в области разработки технологии различных заполнителей, показал высокую актуальность данного направления. Даже в развитых странах, таких как США и Япония, странах Европы и СНГ спрос на легкие и прочные заполнители очень высокий в таких отраслях, как промышленное, гражданское и дорожное строительство, строительства мостов и тоннелей и даже в строительстве очистных сооружений.

В США и в ряде стран Западной Европы освоено производство заполнителей, шлаковой пемзы из доменных шлаков. Во Франции и Бельгии построены заводы для производства заполнителей из отходов углеобогачительных фабрик, где обжиг гранул ведут во вращающихся печах. Производительность завода – 1000 м<sup>3</sup> заполнителя в сутки. Завод полностью автоматизирован, обжиг ведут 2 оператора. В зависимости от спроса выпускают заполнитель с насыпной плотностью от 300–1000 кг/м<sup>3</sup>. Все эти технологии взаимосвязаны с предлагаемым подпроектом касательно подготовки сырьевых материалов, дробления, гранулирования и обжига во вращающихся печах.

Подробный анализ исследований в мире показывает, что создание новых искусственных заполнителей вполне можно от-

нести к актуальной проблеме устойчивого развития стран, так как они направлены на производство высоковольтного материала во всем мире.

В США и Канаде производят заполнитель из вспученных и диспергированных доменных шлаков по технологии, разработанной фирмой «National Slag» (г. Хамилтон, пров. Онтарио). Объем производства заполнителя, называемого «pelletized slag», составляет около 1 млн м<sup>3</sup>, и большая часть этой продукции используется для производства штучных стеновых материалов. Бетон на основе этого вида заполнителя используется в несущих стенах и преднапряженных перекрытиях при строительстве высотных зданий, а также в пролётных строениях мостов. В США несколько заводов производят заполнитель на основе холодно-связанной золы-уноса [1].

Самарскими учеными проведены исследования по разработке технологий получения высокопрочного керамзита и керамдора для несущих конструкций и дорожного строительства. Проведенные испытания показали, что полученная продукция отвечает требованиям соответствующих нормативных документов. Полученный материал обладает плотной спеченной структурой, высокой прочностью и низким водопоглощением [2].

Анализ проведенных исследований показал, что для разработки эффективной технологии производства искусственных заполнителей необходимы глубокие научно-экспериментальные исследования по каждому конкретному случаю использования природных и техногенных ресурсов с учетом их физико-механических свойств и химико-минералогического состава [3–5].

Цель исследования: исследование возможности получения керамического дорожного материала на основе переработки легкодоступных глинистых пород Западно-Казахстанской области (ЗКО).

## Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели нами в качестве основного сырьевого материала выбран лессовидный суглинок Чаганского месторождения, а в качестве модифицирующей добавки – мелкозернистый песок месторождения «Меловые горки».

По содержанию Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> суглинок относится к группе кислого сырья, а по огнеупорности – к легкоплавким. По содержанию Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> относится к сырью с высоким содержанием красящих оксидов.

Песок месторождения «Меловые горки» относится к кварцево-полевошпатовому. Наличие небольшого количества сульфатов свидетельствует о включении сульфата кальция. По модулю крупности данный песок относится к тонкозернистым пескам.

Основные физико-механические свойства мелкозернистого песка представлены в табл. 1.

Дальнейшим этапом исследований явилось измельчение суглинка в шаровой мельнице МШЛ-1П, и просеивания песка и суглинка до прохождения через сито 1 мм.

Далее сырьевые материалы взвешивались и дозировались, добавлялась вода. Из подготовленных материалов готовились керамические композиции, компонентные составы которых показаны в табл. 2.

Из керамической массы формовались гранулы диаметром 5–10, 10–20 мм. Сушка проводилась при комнатной температуре, обжиг сырьевых гранул осуществляли в электрической печи СНОЛ-80/1 при различных температурах: 950, 1000, 1100 °С. После обжига образцы керамдора имели ярко-красный цвет с шероховатой поверхностью (рисунок).

Полученные лабораторные образцы подвергались испытанию по определению физико-механических свойств.

## Результаты исследования и их обсуждение

Результаты испытания физико-механических свойств показаны в табл. 3.

Как показывают результаты исследований керамдора, с увеличением количества мелкозернистого песка и повышением температуры обжига до 1100 °С наблюдается рост средней плотности и прочностных показателей образцов. Общий вид керамдора при различных температурах обжига представлен на рисунке.

Таблица 1

Основные физико-механические свойства мелкозернистого песка

Месторождение песка	Характеристика песка				
	модуль крупности	насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	пустотность, %	загрязненность, %
Меловые горки	1,4	1470	2,6	43	0,91

Таблица 2

Компонентные составы керамической композиции

Номер состава	Лессовидный суглинок, %	Барханный песок, %
1	50	50
2	60	40

Таблица 3

Результаты испытания физико-механических свойств керамдора

Состав	Температура обжига, °С	Прочности при сдавливании в цилиндре, кг/см <sup>2</sup>	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
1	950	800	750
	1000	2800	860
	1100	4000	880
2	950	780	730
	1000	2570	820
	1100	3790	840



а)



б)



в)

Общий вид керамдора при различных температурах обжига:  
а) при  $T 950^{\circ}\text{C}$ , б) при  $T 1000^{\circ}\text{C}$ , в) при  $T 1100^{\circ}\text{C}$

В изломе обожжённые образцы керамдора имеют мелкопористую спеченную макроструктуру.

### Выводы

Таким образом, установлена реальная возможность получения керамического дорожного материала на основе лессовидных суглинков в композиции с мелкозернистым песком Западно-Казахстанского месторождения. Полученные научно-экспериментальные данные служат основой для разработки эффективной технологии производства керамдора по критерию ресурсо- и энергосбережения.

### Список литературы

1. Петров В.П. Пористые заполнители из отходов промышленности: монография. Самара: СГАСУ, 2005. С. 90–95.
2. Горин В.М. Высокопрочный керамзит и керамдор для несущих конструкций и дорожного строительства // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 9–11.
3. Монтаев С.А. Разработка технологии керамзита с использованием лессовидных суглинков в композиции с бентонитовой глиной // Актуальные проблемы социально-экономического развития прикаспийского региона в условиях инновационной экономики: матер. междунар. конф. Элиста: КГУ, 2012. С. 97–99.
4. Монтаев С.А. Исследование физико-механических свойств легкого заполнителя-керамзита на основе лессовидного суглинка // Современные научные достижения – 2013: матер. междунар. конф. Publishing House «Education and Science». Прага, 2013. С. 84–87.
5. Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Жарылгапов С.М. Технология переработки кремнистой породы опоки для получения искусственного щебня // Новости науки Казахстана. 2013. С. 54–59.

УДК 62-115

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ГРАНУЛЯТОРНОГО КОМПЛЕКСА АПК

**Урашева Д.М., Балгабеков Т.К.**

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана,  
e-mail: u.d.maratovna@mail.ru*

Технологии стремительно двигаются вперед, и уже никого не удивляет, что можно использовать пластиковые отходы в качестве топлива или, к примеру, солнечную энергию, как неиссякаемый источник электричества. Не так давно ученые научились перерабатывать отходы аграрной и лесной промышленности в биотопливо, которое активно используется для отопления домов и как топливо для двигателей внутреннего сгорания. С развитием технологий в сельском хозяйстве появилась возможность производить высококачественный продукт с помощью различного оборудования. Естественно, сырье надо подготовить и гранулировать. Для этого используется специальное оборудование – гранулятор. В данной статье представлены результаты научно-исследовательской работы, выполненной магистрантом при разработке мобильного гранулирующего комплекса для АПК. Для повышения качества готовой продукции и уменьшения её стоимости была разработана конструкция гранулирующего комплекса, включающая в себя все необходимые технологические машины для получения готовой продукции из сырья. Конструкция может быть установлена как стационарно, так и на мобильную платформу, что позволит перенести производство непосредственно в зону сбора урожая, тем самым исключив затраты на доставку сырья до места переработки.

**Ключевые слова:** гранулятор, гранулирующий комплекс, технологические машины, переработка сырья, транспортная техника

## DEVELOPMENT OF MOBILE GRANULATING COMPLEX OF AIC

**Urasheva D.M., Balgabekov T.K.**

*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, e-mail: u.d.maratovna@mail.ru*

The technology is moving forward fast and no one is surprised that you can use plastic waste as fuel, or for example, solar energy, as an inexhaustible source of electricity. Not so long ago, scientists learned how to process waste from the agrarian and forestry industry in biofuel, which is actively used for heating houses and as fuel for internal combustion engines. Naturally, the raw material must be prepared and granulated. Special equipment – granulator is used for this purpose. Current article presents the results of the research work done by the master student in the development of a mobile granulating complex for the agro-industrial complex. To improve the quality of finished products and reduce its cost, a granulating complex design was developed that includes all the necessary technological machines for obtaining finished products from raw materials. The design can be installed both permanently and on a mobile platform, which will allow the production to be moved directly to the harvesting area, thereby eliminating the costs of delivering raw materials to the processing site.

**Keywords:** granulator, granulating complex, technological machines, processing of raw materials, transport equipment

Агропромышленный комплекс является одной из значимых отраслей экономики государства. Степень его развития напрямую зависит от уровня механизации и доли применения современных технологий в области обработки земли и переработки полученного сырья. Республика располагает достаточными земельными площадями для их эффективного использования в производстве продукции сельского хозяйства и животноводства. Экономическое положение страны напрямую связано с агропромышленным комплексом. В свою очередь агропромышленный комплекс состоит из нескольких небольших структур. К ним относятся: обеспечение средствами производства в агропромышленном комплексе в области сельскохозяйственных культур и животноводства, а также заготовка, транспортировка, переработка и обеспечение конечных потребителей продукции промышленности.

Составляющей комплекса являются отрасли промышленности, выпуска-

ющие средства производства для сельского хозяйства и перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию отраслей (сельскохозяйственное машиностроение, машиностроение, выпускающее оборудование для пищевой и легкой промышленности, минеральные удобрения и др.) [1]. Одним из направлений являются технологические машины для производства комбикормов. Техника, технические средства и оборудование являются ведущими элементами АПК, так как их совершенствование и применение играют решающую роль в увеличении производства и росте производительности труда. Выделяют четыре главных машиностроительных региона мира: Северная Америка, Европа, Восточная и Юго-Восточная Азия, Россия и страны СНГ. В развитых странах в составе общего машиностроения преобладает производство станков и оборудования. На долю США приходится около 45% производственных мощностей, на долю стран Западной и Восточной Европы – 30% миро-

вого машиностроения. Япония производит наукоёмкую продукцию, развивая производство в новых индустриальных странах. В России и странах СНГ производится продукция ВПК, а также сельскохозяйственная техника, металлоёмкие станки и энергетическое оборудование. В развитых странах в составе общего машиностроения преобладает производство оборудования, станков, в развивающихся странах – производство несложного оборудования [2].

Уровень жизни населения страны зависит от состояния и темпов развития агропромышленного комплекса и особенно пищевой и перерабатывающей промышленности. На долю отраслей и предприятий этой сферы агропромышленного комплекса приходится 38 % от общего объема производства продукции [3]. АПК характеризуется особой сложностью, так как соотношение отраслей, входящих в него, выражает его структуру [4]. Поэтому этот сектор можно рассматривать с разных сторон.

Целью исследования является изучение и анализ существующих методов производства комбикормов, поиск рационального решения по улучшению конструкций и повышению качества получаемой продукции.

Технология производства комбикормов не представляет особых сложностей, но не обходится без специального оборудования. Существует целая линейка агрегатов с разной производительностью и мощностью в помощь при производстве корма. Процесс производства комбикорма напрямую связан с тем, какую зерновую смесь нужно получить. Поэтому для изготовления рассыпчатых и гранулированных комбикормов используются разные технологические устройства.

Технология производства рассыпчатого корма проще, чем гранулированного. Затрат тоже меньше примерно в два раза, недостатком является срок хранения. Технология состоит из следующих этапов:

- измельчения зерновой смеси;
- разделения сечки на разные доли;
- перемешивания в заданных пропорциях;
- расфасовки.

Комплект оборудования для приготовления сыпучих комбикормов может состоять из измельчителя, дробилки, бункера, шнекового транспортера, смесителя, конвейера, весов.

Процедура производства и оборудования для гранулирования кормов намного сложнее. Таким образом, корм хранится дольше, а себестоимость гораздо выше. Этапы технологического процесса:

- измельчение зерновой смеси;

- разделение зерна на значительные доли;
- размешивание;
- изготовление гранулированной формы;
- охлаждения готовой продукции;
- расфасовки.

Специализированные гранулирующие устройства, предназначенные для производства кормов, являются незаменимыми для обработки сырьевой массы. Они зависят от вида сырья, состава и типа конечного продукта [5]. В качестве оборудования для производства комбикормов выступают следующие устройства.

Экструдер. Устройство по переработке сырья в однородную массу. При экструдировании в машину подается простая смесь (предпочтительно зерновых), которая в процессе сжимается до 50 атмосфер с помощью шнека. При таком давлении происходит быстрая термообработка комбикорма, что позволяет сохранить большое количество витаминов и белков. Затем разогретая смесь проходит через нож-делитель и выбрасывается в бункер-накопитель. В результате гидроудара парами влаги, находящимися в зерне, происходит разрыв зерна. Это обеспечивает продукт такими характеристиками, как пористость и целостность, а также большая усвояемость продукта. Недостатком экструдера является относительно большая его длина, а именно на участке позади прессующего шнека, что увеличивает металлоемкость экструдера.

Гранулятор. Устройство для производства гранулированного корма из кормовых смесей и других сыпучих продуктов. Принцип действия гранулятора следующий: с помощью дозатора сырье подается в смеситель, где обрабатывается водой или паром и перемешивается. Затем смесь подается в пресс, где проходит следующий этап обработки – запрессовка в фильеры матрицы. Полученный продукт разрезается на гранулы механическим ножом.

Для подготовки сырья перед обработкой и последующим производством гранул применяют следующие устройства.

Сенорезки (соломорезки). Простейшими по устройству траворезками являются соломорезки, широко применяемые при измельчении грубых кормов (солома, стебли кукурузы и др.). Различают соломорезки дисковые и барабанные. В дисковых соломорезках массивные ножи, имеющие криволинейное лезвие, прикреплены к спицам маховика. Маховик с ножами приводится во вращательное движение вручную. В барабанных соломорезках ножи изогнутые с лезвиями, расположенными по винтовым линиям с углом подъема до 30° [6].

Зернодробилка. Данное устройство предназначено для приготовления корма

домашним птицам и животным. Устройство функционирует посредством центробежной силы вращающихся с большой скоростью ножей. В качестве измельчительного механизма используются два рифленых вала, приводимых в движение рукояткой. Валы закреплены в станине, причем параллельно с регулирующимся зазором между ними [7].

*Предлагаемая конструкция*

Предпосылкой создания мобильного гранулятора является транспортная составляющая, возникающая как при производстве, так и при доставке готовой продукции до места сбора сырья. Анализ известных устройств показал необходимость повы-

шения производительности и качества производимой продукции. В 2017 г. объединенным коллективом кафедр технических вузов был разработан мобильный грануляторный комплекс АПК. Современные модели грануляторов выполняются в виде прицепов и прочих движущихся механизмов, либо при высокой мощности – в контейнерах. Разработка относится к устройствам для транспортных средств. На рис. 1 и 2 изображены принципиальная схема работы устройства и общий вид на платформе. Задачей, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, является повышение качества производимой продукции и снижение ее себестоимости.

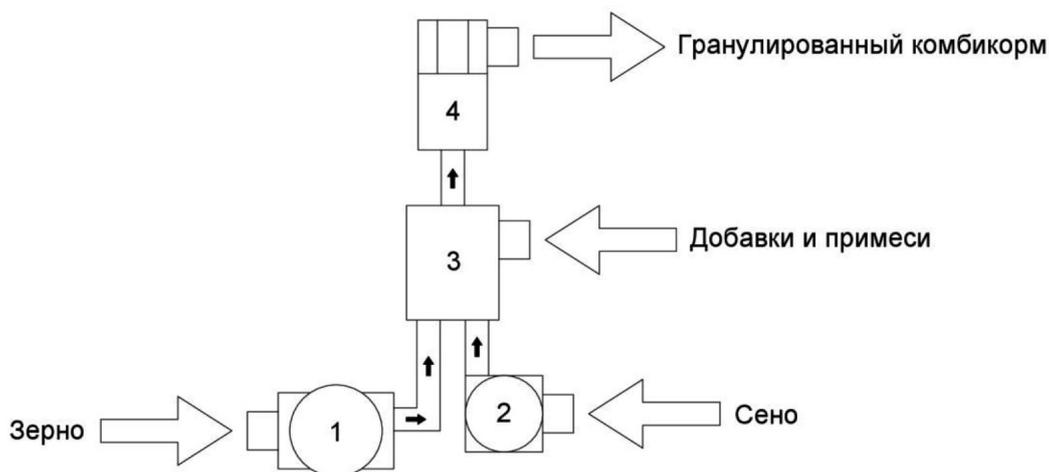


Рис. 1. Принципиальная схема работы комплекса

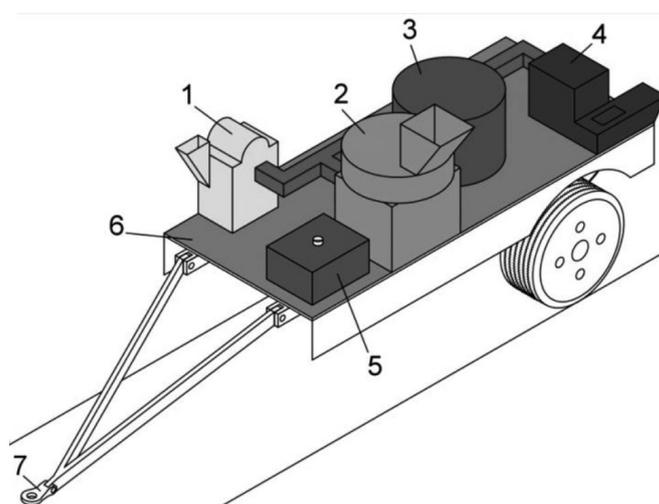
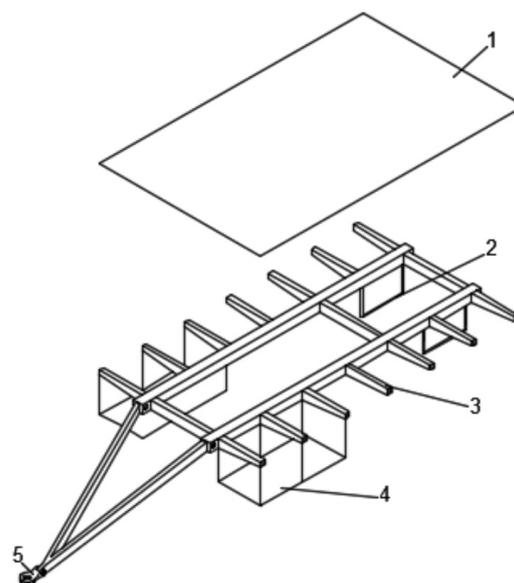


Рис. 2. Общий вид мобильного гранулирующего комплекса: зернодробилка 1, сенорезка 2, барабан-смеситель 3, гранулятор 4, электрогенератор 5, мобильная платформа 6, сцепное устройство 7

Работа комплекса осуществляется следующим образом: сырье в виде зерна подаётся в зернодробилку 1 и проходит через ротор, измельчаясь до необходимой фракции. Сено проходит через сенорезку 2, затем измельченные зерно и сено по шнековому трубопроводу подаются в барабан-смеситель 3. В барабане-смесителе под действием вращения сепаратора происходит перемешивание всех составляющих, в том числе вносимых добавок минералов и витаминов. Далее смесь подаётся по шнековому трубопроводу в гранулятор 4, где формируется конечная продукция в виде прессованных гранул. Размер и форму гранул можно выбирать в зависимости от потребностей предприятия, устанавливая соответствующую матрицу. Гранулирующий комплекс запитывается от переносного электрогенератора 5. Отличительной особенностью данного комплекса является наличие барабана-смесителя, что повышает равномерность перемешивания сырья, а также возможность его транспортировки, поскольку он размещен на подвижной платформе, в качестве которой выступает полуприцеп, что в свою очередь позволяет доставлять комплекс непосредственно к месту сбора сырья.

#### *Анализ напряжённно-деформированного состояния конструкции рамы*

Платформа полуприцепа выполнена с учётом особенностей конструкции комплекса и с максимальной унификацией под его нужды, на рис. 3 изображена конструкция рамы. Лонжероны выполнены из труб квадратного сечения 100x100 мм, траверсы и поперечины из стальной прямоугольной трубы сечением 100x50 мм. Поверх рамы устанавливается стальной лист, который имеет набор универсальных креплений. Это позволяет заменять узлы и агрегаты комплекса, тем самым изменяя его производительность и область применения.



*Рис. 3. Рама полуприцепа: Листовая сталь 1, крепление электрогенератора 2, усиленные опоры 3, опоры крепления отсеков для запчастей 4, дышло 5*

Во время эксплуатации прицеп воспринимает нагрузки от дорожного полотна и установленных на него агрегатов, крутящие и изгибающие моменты, поэтому необходимо выяснить соответствие конструкции рамы прицепа заявленным требованиям прочности [8, 9]. Проверочный расчёт выполнялся в программном комплексе SolidWorks [10]. В качестве значения нагрузки на конструкцию были взяты усредненные значения веса оборудования, все значения приведены в табл. 1.

Также в процессе исследования конструкции были установлены максимальные значения нагрузки. Наиболее адекватное представление о напряжённно-деформированном состоянии конструкции даёт эпюра напряжений, построенная на деформированной конечноэлементной модели конструкции, показанной на рис. 4.

**Таблица 1**

Название оборудования	Размеры, Д*Ш*В, мм	Вес, кг
Сенорезка	550*500*500	35
Зернодробилка	250*250*440	11
Барабан-смеситель	500*600*500	10
Гранулятор	1300*800*1100	350
Электрогенератор	1500*800*1120	520
Доп. оборудование		50

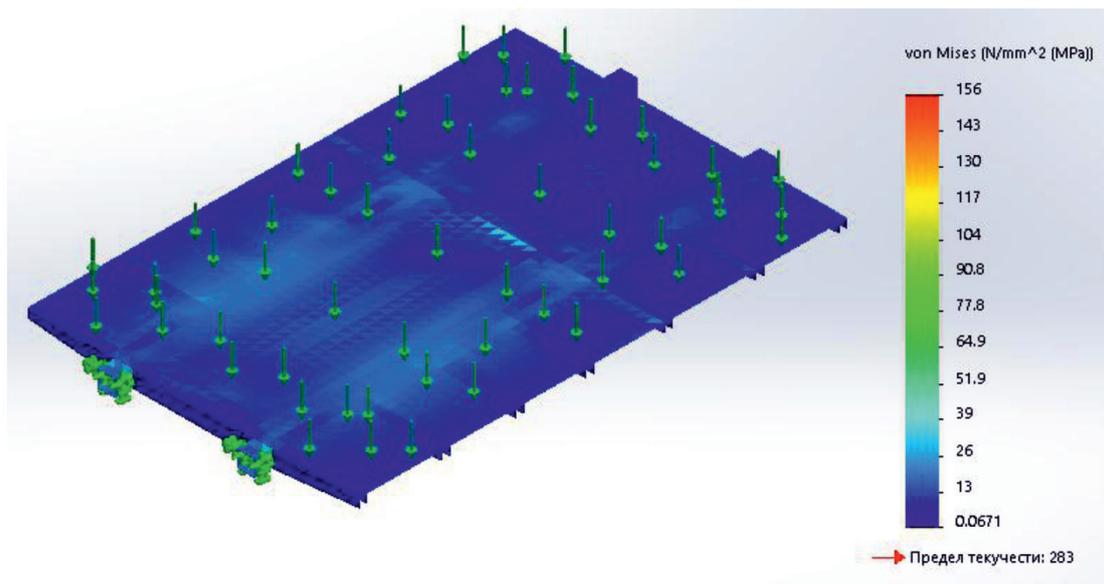


Рис. 4. Этюра напряжений в конструкции рамы

Таблица 2

Материал	Нагрузка, Н	Напряжение, МПа	Перемещение, мм	Деформация, М
Углеродистая сталь 1023	50000	155,608	1,64493	0,000652795

### Результаты исследования и их обсуждение

В процессе проведения исследований на напряжения, перемещения и деформации конструкции рамы были получены следующие результаты, отраженные в табл. 2. Данные значения соответствуют максимальным значениям предела прочности материала, из которого изготовлена рама конструкции.

### Заключение

По результатам проведенного анализа была осуществлена разработка мобильного гранулирующего комплекса, предназначенного для работы как в стационарных, так и в полевых условиях. Результаты исследования конструкции рамы полуприцепа в программном комплексе SolidWorks доказывают верность прочностных расчетов.

### Список литературы

1. Коваленко Н.Я. Экономика сельского хозяйства. Основы аграрных рынков. М.: Ассоциация авторов и издателей ТАНДЕМ: издательство ЭКСМО, 2009. 448 с.
2. Коваленко Н.Я., Романов А., Чутчева Ю. Экономика сельского хозяйства. М.: Издательство Юрайт, 2018. 406 с.
3. Алтухов А. России необходима новая аграрная политика // Экономист. 2014. № 8. С. 28–39.
4. Минаков И.А., Куликов Н.И., Соколов О.В. Экономика отрасли АПК. М., 2014. 123 с.
5. Вилесов Н.Г., Скрипко В.Ч., Ломазов О.Л., Панченко И.М. Процессы гранулирования в промышленности. Киев: Техника, 2013. 192 с.
6. Чусинин В.И., Гладух Е.В. Технология лекарств промышленного производства. Киев: Издательство Нова книга, 2014. 696 с.
7. Степанов М., Кайтуков Б., Пуляев С. Механическое оборудование и технологические комплексы. М., 2015. 479 с.
8. Муканов С.А., Павлов В.А. Транспортные прицепы и полуприцепы. М.: Воениздат, 2009. 192 с.
9. Конструкция автомобиля. Шасси / Под общ. ред. А.Л. Карунина. М.: МАМИ, 2010. 528 с.
10. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде Solid Works. М.: ДМК Пресс, 2010. 784 с.

УДК 669.255:537.312.6:537.312.8

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ФЕРРОМАГНЕТИКА $\text{Co}_2\text{FeSi}$

<sup>1</sup>Перевозчикова Ю.А., <sup>1</sup>Семянникова А.А., <sup>1</sup>Доможирова А.Н.,  
<sup>1</sup>Чистяков В.В., <sup>1</sup>Емельянова С.М., <sup>1,2</sup>Марченков В.В.

<sup>1</sup>Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург,  
e-mail: [yu.perevozchikova@imp.uran.ru](mailto:yu.perevozchikova@imp.uran.ru);

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Полуметаллический ферромагнитный сплав Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  является перспективным материалом для использования его в области спиновой электроники – спинтроники, так как в нем может быть реализована высокая, близкая к 100%, поляризация электронов по спину в области комнатных температур из-за наличия особенности в электронном энергетическом спектре данного сплава. Известно, что вблизи уровня Ферми полуметаллического ферромагнетика существует широкая энергетическая щель для одного направления спина электронов, а для другого направления спина носителей заряда – щели нет. Такие «щелевые» особенности должны проявляться в электронном транспорте. Поэтому в данной работе исследованы электрические транспортные и магнитные свойства сплава Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ : температурная зависимость электросопротивления в интервале температур (4,2–1100) К и полевые зависимости намагниченности, сопротивления Холла и магнитосопротивления при температуре  $T = 4,2$  К и в полях до 7 Т. Установлено, что температурная зависимость электросопротивления, вплоть до температуры Кюри, в основном определяется процессами рассеяния носителей заряда со спином «вверх». Определены величина спонтанного магнитного момента  $\mu_s$ , коэффициенты нормального  $R_0$  и аномального  $R_s$  эффектов Холла. Оценены концентрация, подвижность и тип носителей заряда, которые оказались типичными для металлов. Магнитосопротивление сплава  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  по величине не превышает десятых процента и имеет положительный знак.

**Ключевые слова:** полуметаллический ферромагнетик,  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ , электросопротивление, эффект Холла, магнитосопротивление, намагниченность

## ELECTRICAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF HALF-METALLIC FERROMAGNET $\text{Co}_2\text{FeSi}$

<sup>1</sup>Perevozchikova Yu.A., <sup>1</sup>Semyannikova A.A., <sup>1</sup>Domozhirova A.N.,  
<sup>1</sup>Chistyakov V.V., <sup>1</sup>Emelyanova S.M., <sup>1,2</sup>Marchenkov V.V.

<sup>1</sup>M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, e-mail: [yu.perevozchikova@imp.uran.ru](mailto:yu.perevozchikova@imp.uran.ru);

<sup>2</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg

The half-metallic ferromagnetic  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  Heusler alloy is a promising material in the spin electronics – spintronics, since it can realize high, close to 100%, polarization of electron spins near room temperature due to the feature in the electronic energy spectrum. It is known that there is a wide energy gap for one spin direction of the electrons near the Fermi level of a half-metallic ferromagnet, and there is no gap for another spin direction of the charge carriers. Such «gap» features should be manifested in electronic transport. Therefore, in this paper the electronic transport and magnetic properties of  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  Heusler alloy are investigated, namely the temperature dependence of the electrical resistivity in the temperature range (4.2–1100) K and the field dependences of the magnetization, the Hall resistance and the magnetoresistance at  $T = 4.2$  K and in fields up to 7 T. It is revealed that the temperature dependence of the electrical resistivity up to the Curie temperature is mainly determined by the processes of scattering of charge carriers with spin «up». Spontaneous moment value  $\mu_s$ , coefficients of normal  $R_0$  and anomalous  $R_s$  Hall effects are determined. The concentration, mobility, and type of charge carriers, that have been found to be typical for metals, are estimated. The magnetoresistance of  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  alloy does not exceed a tenth of a percent and has a positive sign.

**Keywords:** half-metallic ferromagnet,  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ , electroresistance, Hall effect, magnetoresistance, magnetization

Развитие современной нанoeлектроники и спинтроники требует поиска и создания новых магнитных материалов, в частности, обладающих высокой спиновой поляризацией носителей заряда. К таким материалам могут относиться полуметаллические ферромагнетики (ПМФ) [1–3], так как у них имеется разный вид электронного спектра для подсистем электронов со спином «вниз» и спином «вверх», т.е. наблюдается наличие щели и ее отсутствие на уровне Ферми со-

ответственно. Выявить эту особенность можно с помощью *ab initio* зонных расчетов или при измерении оптических свойств данных материалов (например, [4–6]). Логично предположить, что эти «щелевые» особенности будут влиять и на другие свойства, прежде всего на электронный транспорт и магнитные характеристики. Так роль этих особенностей электронного спектра была подробно изучена в работах [7–9], где исследовали электрические и магнитные свой-

ства сплавов Гейслера системы  $\text{Co}_2\text{MeAl}$ . Для устройств спинтроники необходимы материалы, в которых можно реализовать спин-зависимый или даже спиновый ток, т.е. такое вещество должно иметь большие величины коэффициента спиновой поляризации носителей тока и намагниченности вблизи комнатной температуры, а также высокие значения температуры Кюри. Одним из таких материалов является сплав  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ . Его температура Кюри  $T_C$  составляет около 1100 К [10, 11], а спонтанная намагниченность при комнатной температуре около  $3 \mu_B/\text{Fe}$  [6]. Новая информация об электронном транспорте и магнитных свойствах этого соединения до сих пор представляет большой интерес. Поэтому в данной работе были исследованы электрические, магнитные и гальваномагнитные свойства сплава  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  с целью получения новой информации об его электронных и магнитных характеристиках. Экспериментально были измерены температурные зависимости электросопротивления, намагниченности и полевые зависимости магнитосопротивления и сопротивления Холла в диапазоне температур от 4,2 до 1100 К и в магнитных полях до 7 Т.

Сплав  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  был выплавлен методом дуговой плавки в инертной аргоновой атмосфере, как это описано в [7–9]. Отжиг проводили при  $T = 1100$  К в течение суток с охлаждением до  $T = 297$  К при средней скорости охлаждения около 100 град/час.

Элементный анализ, т.е. атомное содержание компонентов сплава, определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа FEI Company Quanta 200, имеющего оснастку в виде рентгеновского микроанализатора EDAX. Анализ показал, что сплав  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  имеет состав близкий к стехиометрическому, а отклонения от стехиометрии состава совсем незначительные. В результате рентгеноструктурного анализа установлено, что соединение упорядочено в структуре  $L2_1$ . Аттестация структуры выполнена в центре коллективного пользования ИФМ УрО РАН и НОЦ «Нанотех» УрФУ.

Для измерения удельного электро- и магнитосопротивления, соответственно  $\rho_0$  и  $\rho_{xx}$ , а также сопротивления Холла  $\rho_H$  использовали общепринятый 4-контактный метод на постоянном токе. Исследованные образцы имели форму пластин с размерами около  $0,5 \times 1,5 \times 5$  мм<sup>3</sup>. Электрический ток был направлен вдоль наибольшей грани образца, а магнитное поле строго перпендикулярно плоскости пластин. В аналогичной геометрии эксперимента и на том же самом образце проведены измерения полевых зависимостей намагниченности  $M(B)$ . Измерения

электро- и магнитосопротивления, а также намагниченности проведены на сверхпроводящем соленоиде (Oxford) и магнитометре SQUID MPMS XL7 (Quantum Design). Методика проведения эксперимента также описана в [7–9].

### Электросопротивление

Температурная зависимость электросопротивления  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  приведена на рис. 1. Значение температуры Кюри  $T_C$ , определенное из данной зависимости, составляет 1030 К, что близко к значению, полученному авторами в [6, 10]  $T_C \sim 1100$  К. Из рисунка видно, что при увеличении температуры электросопротивление плавно возрастает, а при  $T_C$  наблюдается излом, характерный для фазового перехода второго рода.

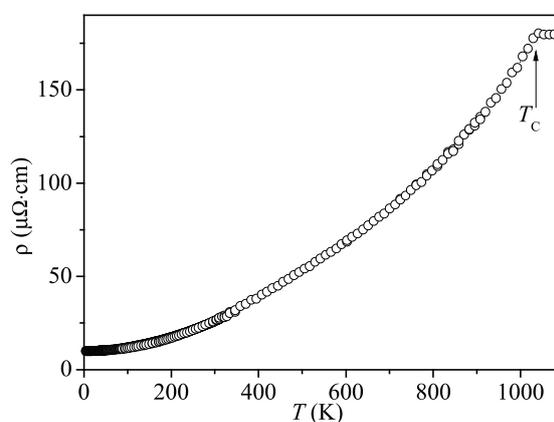


Рис. 1. Температурная зависимость электросопротивления сплава Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ . Стрелкой обозначена температура Кюри  $T_C$

Видно (рис. 1), что для сплава  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  характерно малое остаточное сопротивление и сильная, близкая к квадратичной, температурная зависимость  $\rho(T)$ .

Из формул (1) и (2) известно, что проводимость (сопротивление) определяется числом носителей заряда, эффективной массой и длиной свободного пробега. Согласно [12] проводимость (сопротивление) ПМФ определяется двумя каналами проводимости: для носителей заряда с направлением спина «вниз» и для носителей заряда с направлением спина «вверх». Они дают разные вклады в вид температурной зависимости электросопротивления  $\rho(T)$ . При увеличении температуры первый канал проводимости с носителями заряда со спином «вниз» (для которых характерно наличие щели на уровне Ферми) приводит к уменьшению электросопротивления из-за роста

концентрации носителей заряда  $n_{\downarrow}$ ; второй канал проводимости приводит к росту электросопротивления из-за уменьшения длины свободного пробега. Концентрация носителей заряда со спином «вверх»  $n_{\uparrow}$  при этом практически не изменяется.

$$\sigma = 1/\rho = ne^2\tau/m^*, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – проводимость,  $\rho$  – электросопротивление,  $n$  – число носителей заряда,  $e$  – заряд электрона,  $m^*$  – эффективная масса носителя тока,  $\tau$  – время релаксации.

$$\tau = 1/l, \quad (2)$$

где  $l$  – длина свободного пробега.

Ответ на вопрос об определяющем вкладе в проводимость от одного из этих каналов можно получить из данных по температурным зависимостям коэффициента нормального эффекта Холла и определенных из этих данных зависимостях концентрации носителей заряда  $n(T)$ .

В работе [11] приведена температурная зависимость коэффициента нормального эффекта Холла  $R_0(T)$  для монокристалла  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ , из которой видно, что  $R_0(T)$ , а следовательно, и концентрация носителей заряда  $n$ , практически не изменяется с температурой от 4,2 К до комнатной температуры. Это позволяет заключить, что в случае  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  определяющим является второй канал проводимости со спином вверх.

#### Магнитные свойства

Результат измерения кривых намагничивания при  $T = 4,2$  К и  $B \leq 7$  Т в сплаве Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  приведен на рис. 2. Видно, что в полях свыше 1 Т зависимость намагниченности от поля  $M(B)$  выходит на насыщение. Это означает, что в этой области магнитных полей сплав  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  переходит в однодоменное состояние.

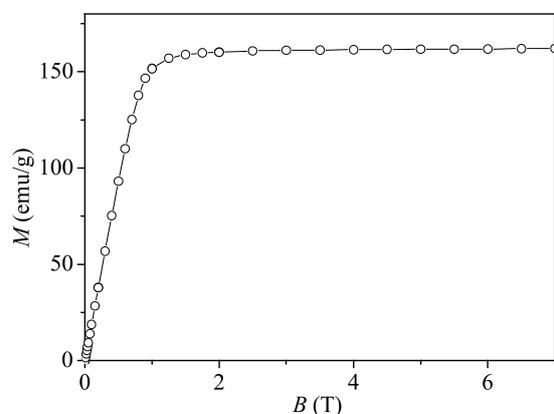


Рис. 2. Кривая намагничивания сплава Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  при  $T = 4,2$  К

Из полученных экспериментальных данных была определена величина спонтанного магнитного момента  $\mu_s = 5,8\mu_B/f.u.$ , что согласуется с теоретическим значением, полученным в результате расчетов электронной зонной структуры сплавов в [6]:  $\mu_{teor} = 4,9 - 5,9\mu_B/f.u.$

#### Эффект Холла

Результат измерений полевой зависимости сопротивления Холла  $\rho_H(B)$ , полученный для сплава  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  при температуре  $T = 4,2$  К и  $B \leq 7$  Т, приведен на рис. 3. Видно, что так же, как и на зависимости кривой намагничивания имеется два интервала магнитных полей: до 1 Т и выше 1,5 Т, где  $\rho_H$  линейно возрастает с магнитным полем.

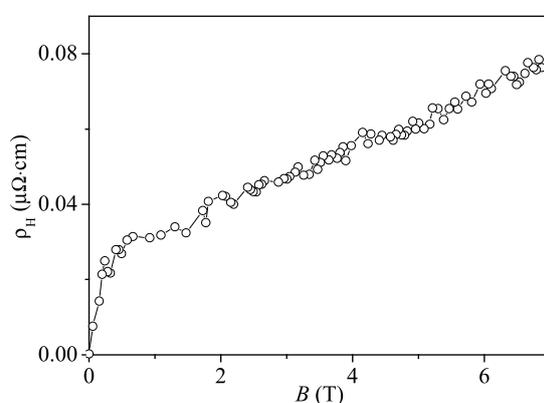


Рис. 3. Полевая зависимость сопротивления Холла при  $T = 4,2$  К

Для сплава  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  были определены величины коэффициентов нормального  $R_0$  и аномального  $R_s$  эффектов Холла, используя измеренные зависимости  $\rho_H(B)$  и  $M(B)$  в области парапроцесса, а также известную формулу

$$\rho_H/B = R_0 + 4\pi R_s M/B. \quad (3)$$

Первое слагаемое в уравнении (3) – это коэффициент нормального Холла. Нормальный эффект Холла возникает из-за силы Лоренца, искривляющей траектории движения электронов проводимости в поле магнитной индукции  $B$ . В однозонной модели коэффициент нормального Холла не зависит от механизмов рассеяния носителей заряда. Второе слагаемое в уравнении (3) связано с аномальным эффектом Холла, который обычно возникает в результате спин-орбитального взаимодействия [13, 14].

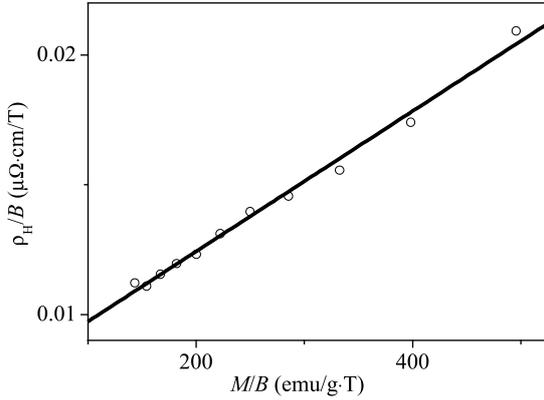


Рис. 4. Зависимость  $\rho_H/B$  от  $M/B$

Из рис. 4 видно, что в магнитных полях свыше 1,5 Т, для  $\rho_H(B)$  и  $M(B)$  справедливо соотношение (3). Отличие значений коэффициентов нормального ( $R_0 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{C}$ ) и аномального ( $R_S = 7 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{C}$ ) эффектов Холла на два порядка характерно для ферромагнетиков.

Используя значения коэффициента нормального Холла, можно оценить основной тип носителей заряда, их концентрацию и подвижность. Для  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  преобладающим типом носителей заряда при  $T = 4,2 \text{ K}$  оказались дырки с концентрацией  $n \approx 9 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$  и подвижностью  $\mu \approx 7 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{c})$ , что является типичным для металлов. Необходимо отметить, что исследуемый в данной работе сплав является поликристаллом, поэтому полученные оценки концентрации носителей заряда и подвижности носят качественный характер. При этом полученные значения хорошо согласуются с данными, полученными на монокристалле [11].

#### Магнитосопротивление

На рис. 5 приведены полевые зависимости поперечного магнитосопротивления  $[\rho_{xx}(B) - \rho_0]/\rho_0 = \Delta\rho/\rho_0(B)$ , где  $\rho_{xx}$  – удельное магнитосопротивление в магнитном поле  $B$ ,  $\rho_0$  – удельное магнитосопротивление в поле  $B = 0 \text{ T}$ . Видно, что магнитосопротивление  $\Delta\rho/\rho_0$  не превышает десятых процента, а его величина  $\Delta\rho/\rho_0 > 0$ . В магнитных полях  $B \geq 1,5 \text{ T}$ , т.е. выше технического насыщения, наблюдается слабая зависимость  $\Delta\rho/\rho_0(B)$ . Такую зависимость можно представить в виде известного для ферромагнетиков выражения [13]:

$$\begin{aligned} \Delta\rho/\rho_0 &= a(M_S^2 - M^2(H)) = \\ &= a_0 - a_1(\chi H) - a_2(\chi H)^2, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $a$ ,  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  – постоянные.

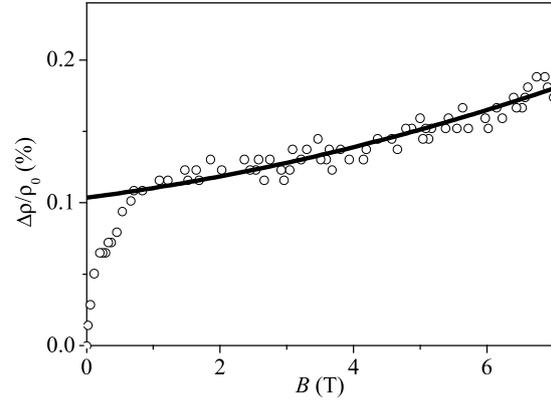


Рис. 5. Полевая зависимость магнитосопротивления  $\Delta\rho/\rho_0(B)$ . Сплошная линия – результат обработки экспериментальных данных согласно выражению (4)

Как видно из рис. 5, определяющую роль в полевой зависимости магнитосопротивления  $\Delta\rho/\rho_0(B)$  играет линейный по магнитному полю член (4). Этот линейный по полю вклад в магнитосопротивление можно объяснить известным «законом Капицы» – линейным магнитосопротивлением, возникающим в поликристаллических металлах, поверхность Ферми которых содержит открытые листы [15]. Квадратичный по магнитному полю вклад в поперечное магнитосопротивление  $\Delta\rho/\rho_0(B)$  не существен по величине.

#### Заключение

В результате исследований электрических и магнитных свойств полуметаллического ферромагнитного сплава Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  установлено, что при  $T < T_C$  основной вклад в температурные зависимости его электросопротивления вносят процессы рассеяния носителей заряда со спином «вверх».

Намагниченность сплава  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  переходит в насыщение в полях выше 1,5 Т. При этом достаточно большая величина спонтанного магнитного момента  $\mu_s$ , полученная из экспериментальных данных  $M(B)$ , близка к расчетному значению магнитного момента  $\mu_{\text{теор}}$ .

Показано, что коэффициент нормального эффекта Холла  $R_0$  на два порядка меньше коэффициента аномального эффекта Холла  $R_S$ . Полученные значения концентрации и подвижности носителей заряда оказались типичными для металлов.

Магнитосопротивление сплава Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  не превышает десятых процента. Основную роль в формировании

магнитосопротивления  $\Delta\rho/\rho_0(B)$  в области парапроцесса могут играть как процессы упорядочения магнитных неоднородностей во внешнем магнитном поле, так и особенности поверхности Ферми сплава  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ , приводящие в поликристаллическом образце к линейному магнитосопротивлению, т.е. «закону Капицы».

*Данная работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Спин», № АААА-А18-118020290104-2) при частичной поддержке РФФИ (проекты № 18-32-00686 и № 18-02-00739), программы фундаментальных научных исследований УрО РАН (проект № 18-10-2-37) и гранта № 14.Z50.31.0025 Министерства образования и науки РФ.*

### Список литературы

1. Graf T., Felser C., Parkin S.S.P. Simple rules for the understanding of Heusler compounds. *Progress in Solid State Chemistry*. 2011. Vol. 39. P. 1. DOI: 10.1016/j.progsolidstchem.2011.02.001.
2. Galanakis I., Mavropoulos P., Dederichs P.H. Electronic structure and Slater-Pauling behaviour in half-metallic Heusler alloys calculated from first principles. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2006. Vol. 39. P. 765. DOI: 10.1088/0022-3727/39/5/S01.
3. Inomata K., Ikeda N., Tezuka N., Goto R., Sugimoto S., Wojcik M., Jedryka E. Highly spin-polarized materials and devices for spintronics. *Science and Technology of Advances Materials*. 2008. Vol. 9. P. 014101. DOI: 10.1088/1468-6996/9/1/014101.
4. Kandpal H. C., Fecher G. H., Felser C. Calculated electronic and magnetic properties of the half-metallic, transition metal based Heusler compounds. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2007. Vol. 40. P. 1507. DOI: 10.1088/0022-3727/40/6/S01.
5. Farshchi R., Ramsteiner M. Spin injection from Heusler alloys into semiconductors: A materials perspective. *Journal of Applied Physics*. 2013. Vol. 113. P. 191101. DOI: 10.1063/1.4802504.
6. Balke B., Wurmehl S., Fecher G. H., Felser C., Kubler J. Rational design of new materials for spintronics:  $\text{Co}_2\text{FeZ}$  ( $Z = \text{Al}, \text{Ga}, \text{Si}, \text{Ge}$ ). *Science and Technology of Advanced Materials*. 2008. Vol. 9. P. 014102. DOI: 10.1088/1468-6996/9/1/014102.
7. Коуров Н.И., Перевозчикова Ю.А., Weber H.W., Марченков В.В. Особенности электросопротивления полуметаллических ферромагнетиков  $\text{Co}_2\text{MeAl}$  ( $\text{Me} = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}$ ) // *Физика твердого тела*. 2016. Т. 58. С. 1311.
8. Коуров Н.И., Марченков В.В., Перевозчикова Ю.А., Королев А.В., Weber H.W. Высокополевая намагниченность зонных ферромагнетиков  $\text{Co}_2\text{YAl}$  ( $\text{Y} = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ni}$ ) // *Физика твердого тела*. 2016. Т. 58. С. 2346.
9. Коуров Н.И., Марченков В.В., Перевозчикова Ю.А., Weber H.W. Гальваномагнитные свойства сплавов Гейслера  $\text{Co}_2\text{YAl}$  ( $\text{Y} = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ni}$ ) // *Физика твердого тела*. 2017. Т. 59. С. 63.
10. Wurmehl S., Fecher G.H., Kandpal H.C., Ksenofontov V., Felser C., Lin H.J., Morai J. Geometric, electronic, and magnetic structure of  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ : Curie temperature and magnetic moment measurements and calculations. *Physical Review B*. 2005. Vol. 72. P. 184434. DOI: 10.1103/PhysRevB.72.184434.
11. Bombor D., Blum C. G. F., Volkonskiy O., Rodan S., Wurmehl S., Hess C., Buchner B. Half-metallic ferromagnetism with unexpectedly small spin splitting in the Heusler compound  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ . *Physical Review Letters*. 2013. Vol. 110. P. 066601. DOI: 10.1103/PhysRevLett.110.066601.
12. Marchenkov V.V., Perevozchikova Yu.A., Kourov N.I., Irkhin V.Yu., Eisterer M., Gao T. Peculiarities of the electronic transport in half-metallic Co-based Heusler alloys. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2018. Vol. 459. P. 211. DOI: 10.1016/j.jmmm.2017.11.019.
13. Ирхин В.Ю., Ирхин Ю.П. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты d- и f-металлах и их соединениях. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 472 с.
14. Грановский А.Б., Прудников В.Н., Казаков А.П., Жуков А.П., Дубенко А.П. Определение коэффициентов нормального и аномального эффектов Холла в ферромагнитных сплавах Гейслера  $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{35}\text{In}_{15-x}\text{Si}_x$  при мартенситном превращении // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 2012. Т. 142. С. 916.
15. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. Электронная теория металлов. М.: Наука, 1971. 415 с.

УДК 532.516

## ЗАТУХАЮЩЕЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ МЕЖДУ ТВЕРДЫМИ СТЕНКАМИ

<sup>1,2</sup>Сенницкий В.Л.

<sup>1</sup>Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск;

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, e-mail: sennitskii@yandex.ru

Поставлена и решена задача о плоском течении вязкой несжимаемой жидкости между абсолютно твердыми стенками. Силовые воздействия, поддерживающие движение жидкости, отсутствуют; движение жидкости является затухающим. Найдено точное решение задачи. Определены интегральные параметры течения жидкости. Получены асимптотические формулы, характеризующие рассматриваемую гидромеханическую систему на больших временах. Задачи о плоском движении вязкой жидкости в присутствии твердых стенок неизменно входят в число актуальных задач гидромеханики. Результаты исследований плоских течений представляют самостоятельный интерес, а также могут служить в качестве важных ориентиров при изучении пространственных течений. В частности, в связи с этим является актуальным эффективный поиск новых адекватных гидромеханических задач. Одно из перспективных направлений в механике вязкой жидкости, включающее такой поиск, состоит в изучении эволюции гидромеханических систем после прекращения силовых воздействий, поддерживающих их движение. Особая роль в таких исследованиях принадлежит нахождению точных решений задач механики вязкой жидкости. Актуальность работ в данной научной области, в частности, обусловлена их очевидной прикладной значимостью, наличием связи с широким спектром явлений и процессов.

**Ключевые слова:** асимптотические формулы, остаточная масса жидкости, твердые стенки, стационарное периодическое затухающее течение, вязкая жидкость

## THE RELAXING FLOW OF A VISCOUS LIQUID BETWEEN SOLID WALLS

<sup>1,2</sup>Sennitskiy V.L.

<sup>1</sup>Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB RAS, Novosibirsk;

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, e-mail: sennitskii@yandex.ru

The problem on a plane flow of a viscous incompressible liquid between absolutely solid walls is stated and solved. Force interactions supporting the liquid motion are absent; the liquid motion is relaxing. The exact solution of the problem is found. Integral parameters of the liquid flow are determined. The asymptotic formulas are obtained which characterize the hydro-mechanical system under consideration at large time. Problems on plane flows of a viscous liquid in the presence of solid walls are invariably in the number of actual problems of hydro-mechanics. The results of investigations of plane flows are of an independent interest and also can serve as important orienting points under the study of spatial flows. In particular in this connection it is actual an effective search of new adequate hydro-mechanical problems. One of perspective directions of viscous fluid mechanics involving such search consists in a study of the evolution of hydro-mechanical systems under a cessation of force influences supporting their motion. An especial role in such investigations belongs to exact solutions finding of the problems of viscous fluid mechanics. The actuality of works in this scientific field in particular is caused by their obvious applied significance and the presence of their connection with a wide spectrum of phenomena and processes.

**Keywords:** asymptotic formulas, remaining mass of liquid, solid walls, stationary periodical relaxing flows, viscous liquid

Выявлению закономерностей движения жидкости в присутствии твердых стенок посвящено значительное число исследований (см., например, [1, 2], а также [3–5], и представленную там литературу).

В данной работе рассматривается гидромеханическая система, состоящая из вязкой несжимаемой жидкости и абсолютно твердых стенок  $\Xi_1, \Xi_2$ . Стенки покоятся относительно инерциальной прямоугольной системы координат XYZ. Стенка  $\Xi_1$  ограничена плоскостью  $\Gamma_1: Y=0$ ; стенка  $\Xi_2$  – плоскостью  $\Gamma_2: Y=H$  ( $H > 0$  – постоянная). Жидкость заполняет область  $\Omega: 0 < Y < H$ . В начальный момент времени  $t$ , при  $t=0$ , течение жидкости является симметричным относительно плоскости

$Y=H/2$ ; жидкость движется со скоростью  $\mathbf{V}_0 = \{V_0(Y), 0, 0\}$  ( $V_0(Y) = V_0(H-Y)$ ;  $V_0=0$  на  $\Gamma_1, \Gamma_2$ ).

Цель данной работы состоит в определении скорости жидкости  $\mathbf{V} = \{V(Y, t), 0, 0\}$ , а также силового взаимодействия жидкости и стенок, средней скорости жидкости, массопереноса жидкости – при  $t > 0$ .

### Общая задача

Пусть  $y = Y/H$ ;  $\hat{\mathbf{v}} = |\mathbf{V}_0|_{Y=H/2}$ ,  
если  $V_0|_{Y=H/2} \neq 0$ ,  $\hat{\mathbf{v}} = \sup |\mathbf{V}_0|$ , если  
 $V_0|_{Y=H/2} = 0$ ;  $\tau = \hat{\mathbf{v}} t/H$ ;  $v_0 = V_0/\hat{\mathbf{v}}$ ;  $v = V/\hat{\mathbf{v}}$ ;  
 $v$  – кинематический коэффициент вязкости жидкости;  $Re = H\hat{\mathbf{v}}/v$  – число Рейнольдса.

Уравнение Навье – Стокса и условия, которые должны выполняться на границах стенок и в начальный момент времени, имеют следующий вид:

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} = \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \quad (0 < y < 1); \quad (1)$$

$$v = 0 \text{ при } y = 0; \quad (2)$$

$$v = 0 \text{ при } y = 1; \quad (3)$$

$$v = v_0 \text{ при } \tau = 0. \quad (4)$$

Отметим, что при  $t > 0$  какие-либо воздействия на жидкость, поддерживающие ее движение, отсутствуют.

Наряду с задачей (1)–(4) будем рассматривать также вспомогательную задачу

$$\frac{\partial w}{\partial \tau} = \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \quad (0 < y < 2); \quad (5)$$

$$w = 0 \text{ при } y = 0; \quad (6)$$

$$w = 0 \text{ при } y = 2; \quad (7)$$

$$w = w_0 \text{ при } \tau = 0. \quad (8)$$

Здесь  $w_0$  – периодическая с периодом 2 функция  $y$ , которая при  $0 \leq y \leq 2$  определяется формулой

$$w_0 = \begin{cases} v_0(y) & \text{при } 0 \leq y \leq 1; \\ -v_0(y-1) & \text{при } 1 \leq y \leq 2. \end{cases} \quad (9)$$

Обратимся к задаче (5)–(7). Применяя метод разделения переменных, найдем, что уравнение (5) имеет последовательность решений

$$w = w_m = e^{-\frac{m^2 \pi^2 \tau}{4\text{Re}}} \sin \frac{m\pi y}{2} \quad (m = 1, 2, \dots), \quad (10)$$

каждое из которых удовлетворяет условиям (6), (7). Используя (10), построим следующее решение задачи (5)–(7):

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} c_m e^{-\frac{m^2 \pi^2 \tau}{4\text{Re}}} \sin \frac{m\pi y}{2}, \quad (11)$$

где  $c_m$  ( $m = 1, 2, \dots$ ) – постоянные.

Рассмотрим условие (8). Представим  $w_0(y)$  в виде ряда Фурье. С учетом (9) и соотношения

$$v_0(y) = v_0(1-y) \quad (12)$$

получим

$$w_0 = \sum_{m=1}^{\infty} v_{2n-1} \sin [(2n-1)\pi y]. \quad (13)$$

Здесь

$$v_{2n-1} = 2 \int_0^1 v_0(y) \sin [(2n-1)\pi y] dy \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Используя (11), (13) и формулу

$$\int_0^2 \sin \frac{m\pi y}{2} \sin [(2n-1)\pi y] dy = \delta_m^{2(2n-1)} \quad (m = 1, 2, \dots; n = 1, 2, \dots),$$

найдем

$$c_m = v_{2n-1} \delta_m^{2(2n-1)} \quad (m = 1, 2, \dots; n = 1, 2, \dots). \quad (14)$$

Из (11), (14) следует, что  $w$  (решение задачи (5) – (8)) удовлетворяет условию

$$w = 0 \text{ при } y = 1. \quad (15)$$

Таким образом, согласно (1)–(9), (11), (14), (15) задача (1)–(4) имеет решение

$$v = \sum_{n=1}^{\infty} v_{2n-1} e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{\text{Re}}} \sin [(2n-1)\pi y]. \quad (16)$$

Формулой (16), в частности, демонстрируется, что изучаемое течение жидкости является затухающим.

Пусть  $\rho$  – плотность жидкости;  $\gamma_1$  – площадка площадью  $S_{\gamma_1}$ , принадлежащая плоскости  $\Gamma_1$ ;  $\gamma_2$  – площадка площадью  $S_{\gamma_2}$ , принадлежащая плоскости  $\Gamma_2$ ;  $\mathbf{F}_{lwl} = \{F_{lwl}, 0, 0\}$  – тангенциальная сила, действующая со стороны жидкости на часть  $\xi_1$  стенки  $\Xi_1$ , граничащую с жидкостью на площадке  $\gamma_1$  ( $\mathbf{F}_{lwl} = \rho v (\partial V / \partial Y)|_{Y=0} S_{\gamma_1}$ );  $\mathbf{F}_{wl1} = \{F_{wl1}, 0, 0\}$  – тангенциальная сила, действующая со стороны части  $\xi_1$  стенки  $\Xi_1$  на жидкость;  $\mathbf{F}_{lw2} = \{F_{lw2}, 0, 0\}$  – тан-

генциальная сила, действующая со стороны жидкости на часть  $\xi_2$  стенки  $\Xi_2$ , граничащую с жидкостью на площадке  $\gamma_2$  ( $\mathbf{F}_{lw2} = -\rho v(\partial V / \partial Y)|_{Y=H} \mathbf{S}_\gamma$ );  $\mathbf{F}_{w/2} = \{F_{w/2}, 0, 0\}$  – тангенциальная сила, действующая со стороны части  $\xi_2$  стенки  $\Xi_2$  на жидкость;  $f_{lwk} = HF_{lwk} / (\rho v \hat{V} S_\gamma)$ ,  $f_{w/k} = HF_{w/k} / (\rho v \hat{V} S_\gamma)$  ( $k = 1, 2$ );  $\sigma$  – площадка:  $X = X^*$ ,  $0 \leq Y \leq H$ ,  $-Z^*/2 \leq Z \leq Z^*/2$  ( $X^*$ ,  $Z^* > 0$  – постоянные);  $S_\sigma = H Z^*$ ;

$$\bar{\mathbf{V}} = \{\bar{v}, 0, 0\} = \frac{1}{H} \int_0^Y \mathbf{V} dY \quad (17)$$

– среднее значение скорости  $\mathbf{V}$  по координате  $Y$ ;  $\bar{v} = \bar{\mathbf{V}} / \hat{V}$ .  
Используя (16), (17), получим

$$f_{lw1} = f_{lw2} = \pi \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1) v_{2n-1} e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{Re}} \quad (18)$$

$$(f_{w/1} = -f_{lw1}, f_{w/2} = -f_{lw2});$$

$$\bar{v} = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-1} v_{2n-1} e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{Re}}. \quad (19)$$

Формулой (18) определяется силовое взаимодействие жидкости и стенок (вопрос о нормальном силовом взаимодействии жидкости и стенок является тривиальным).

Движение жидкости сопровождается переносом ее массы. Мерой происходящего массопереноса может служить остаточная масса жидкости

$$M = \rho S_\sigma \int_0^t \bar{\mathbf{V}} \cdot \mathbf{e}_X dt' \quad (20)$$

– масса жидкости, которая протекает через площадку  $\sigma$  из области  $X < X^*$  в область  $X > X^*$  за промежутки времени  $0 \div t$  ( $\mathbf{e}_X = \{1, 0, 0\}$ ). Используя (17), (19), (20), найдем

$$\mu = \frac{M}{\rho H S_\sigma} = \frac{2Re}{\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-3} v_{2n-1} \left[ 1 - e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{Re}} \right]. \quad (21)$$

Из (16), (18), (19), (21) следуют асимптотические формулы, характеризующие рассматриваемую гидромеханическую систему на больших временах

$$v = e^{-\frac{\pi^2 \tau}{Re}} \left[ v_1 \sin(\pi y) + O\left(e^{-\frac{8\pi^2 \tau}{Re}}\right) \right] \text{ при } \tau \rightarrow \infty; \quad (22)$$

$$f_{lw1} = f_{lw2} = e^{-\frac{\pi^2 \tau}{Re}} \left[ \pi v_1 + O\left(e^{-\frac{8\pi^2 \tau}{Re}}\right) \right] \text{ при } \tau \rightarrow \infty; \quad (23)$$

$$\bar{v} = e^{-\frac{\pi^2 \tau}{Re}} \left[ \frac{2v_1}{\pi} + O\left(e^{-\frac{8\pi^2 \tau}{Re}}\right) \right] \text{ при } \tau \rightarrow \infty; \quad (24)$$

$$\mu = \frac{M_\infty}{\rho H S_\sigma} - e^{-\frac{\pi^2 \tau}{Re}} \left[ \frac{2Re v_1}{\pi^3} + O\left(e^{-\frac{8\pi^2 \tau}{Re}}\right) \right] \text{ при } \tau \rightarrow \infty. \quad (25)$$

Здесь

$$M_{\infty} = \frac{2\text{Re}}{\pi^3} \rho H S_{\sigma} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-3} v_{2n-1}. \quad (26)$$

– полная остаточная масса жидкости (предел  $M$  при  $t \rightarrow \infty$ ). Отметим, что ряд в (26) является абсолютно сходящимся (данный ряд мажорируется сходящимся рядом  $\sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-3}$ ).

#### Первая частная задача

Пусть жидкость совершает движение со скоростью  $\mathbf{U} = \{U, 0, 0\}$ , не изменяющейся со временем; задача о течении жидкости имеет вид

$$0 = \eta + \nu \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} \quad (0 < Y < H); \quad (27)$$

$$U = 0 \text{ при } Y = 0; \quad (28)$$

$$U = 0 \text{ при } Y = H. \quad (29)$$

Здесь  $\eta = -(1/\rho) \partial P / \partial X$  – постоянная ( $P$  – давление в жидкости; без умаления общно-

сти может быть принято, что  $\eta > 0$ ). Использование (27)–(29) приводит к формуле

$$U = \frac{\eta}{2\nu} Y (H - Y). \quad (30)$$

Положим

$$V_0 = U. \quad (31)$$

Отметим, что

$$V_0 = \frac{\eta}{2\nu} Y (H - Y)$$

удовлетворяет соотношению (12).

Выполнение (31) соответствует тому, что задачей (1)–(4), определяемым ею течением жидкости моделируется происходящее при  $t > 0$  остаточное, не поддерживаемое силовыми воздействиями затухающее течение вязкой жидкости, совершающей при  $t \leq 0$  движение с не изменяющейся со временем скоростью

$$\mathbf{U} = \left\{ \frac{\eta}{2\nu} Y (H - Y), 0, 0 \right\}.$$

С учетом (16), (17), (19)–(21), (26), (30), (31) для данного (моделирующего) течения жидкости, в частности, имеем

$$V = \frac{4\eta H^2}{\pi^3 \nu} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-3} e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{\text{Re}}} \sin[(2n-1)\pi y];$$

$$M = M_{\infty} - \frac{8\rho\eta H^4 S_{\sigma}}{\pi^6 \nu^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-6} e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{\text{Re}}}.$$

Здесь

$$M_{\infty} = \frac{8c\rho\eta H^4 S_{\sigma}}{\pi^6 \nu^2}, \quad \left( c = \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-6} \approx 1 \right).$$

#### Вторая частная задача

Пусть жидкость совершает движение со скоростью  $\mathbf{U}_2 = \{U_2, 0, 0\}$ , периодически изменяющейся со временем; задача о течении жидкости имеет вид

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \eta + \nu \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} \quad (0 < Y < H); \quad (32)$$

$$U = 0 \text{ при } Y = 0; \quad (33)$$

$$U = 0 \text{ при } Y = H. \quad (34)$$

Здесь  $\eta = \xi [1 + \sin(2\pi t / T + \varphi)]$  ( $\xi, T > 0, 0 \leq \varphi < 2\pi$  – постоянные; без умаления общности может быть принято, что  $\xi > 0$ ). Использование (32)–(34) приводит к формуле

$$U = \frac{\xi}{2\nu} \left[ Y (H - Y) + \varkappa^{-2} \text{Real} \left( \chi e^{i \left( \frac{2\pi t}{T} + \varphi \right)} \right) \right], \quad (35)$$

где  $\chi = \{ \text{sh}[(1+i)\varkappa Y] + \text{sh}[(1+i)\varkappa(H-Y)] - \text{sh}[(1+i)\varkappa H] \} / \text{sh}[(1+i)\varkappa H]$ ;  $\varkappa = \sqrt{\frac{\pi}{\nu T}}$ .

Положим

$$V_0 = U|_{t=0}. \quad (36)$$

Отметим, что

$$V_0 = \frac{\xi}{2\nu} \left[ Y(H - Y) + \varkappa^{-2} \text{Real}(\chi e^{i\varphi}) \right]$$

удовлетворяет соотношению (12).

Выполнение (36) соответствует тому, что задачей (1) – (4), определяемым ею течением жидкости моделируется происходящее при  $t > 0$  остаточное, не поддерживаемое силовыми воздействиями затухающее течение вязкой жидкости, совершающей при  $t \leq 0$  движение с периодически изменяющейся со временем скоростью

$$U = \left\{ \frac{\xi}{2\nu} \left[ Y(H - Y) + \varkappa^{-2} \text{Real} \left( \chi e^{i \left( \frac{2\pi}{T} + \varphi \right)} \right) \right], 0, 0 \right\}.$$

С учетом (16), (17), (19)–(21), (26), (35), (36) для данного (моделирующего) течения жидкости, в частности, имеем

$$V = \frac{4\xi H^2}{\pi^3 \nu} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-3} \Psi e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{\text{Re}}} \sin[(2n-1)\pi y];$$

$$M = M_{\infty} - \frac{8\rho\xi H^4 S_{\sigma}}{\pi^6 \nu^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-6} \Psi e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 \tau}{\text{Re}}};$$

Здесь

$$M_{\infty} = \frac{8\rho\xi H^4 S_{\sigma}}{\pi^6 \nu^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)^{-6} \Psi;$$

$$\Psi = 1 + \frac{\sin(\varphi - \varphi_{2n-1})}{\sqrt{1 + \lambda_{2n-1}^2}} (\lambda_{2n-1} = 2H^2 / [(2n-1)^2 \pi \nu T]; 0 < \varphi_{2n-1} < \pi/2 (n = 1, 2, \dots) - \text{углы, удовлетворяющие соотношениям } \sin \varphi_{2n-1} = \frac{\lambda_{2n-1}}{\sqrt{1 + \lambda_{2n-1}^2}}, \cos \varphi_{2n-1} = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda_{2n-1}^2}}.$$

### Заключение

Исследованное течение жидкости является аналогом пространственного течения вязкой жидкости в бесконечно длинной круговой цилиндрической трубе. В моменты времени, следующие за начальным, жидкость не испытывает каких-либо силовых воздействий, поддерживающих ее движение. Ввиду этого представляют очевидный интерес, могут быть отмечены постановка вопроса об остаточной массе жидкости, установление зависимости этой величины от времени и параметров гидромеханической системы, определение полной остаточной массы жидкости – важной характеристики рассмотренной гидромеханической системы. Полученные результаты могут найти применение при разработке новых приборов, устройств, содержащих жидкости, могут использоваться при изучении проблем биологии, медицины,

связанных с движением жидких сред, в частности проблем патологии и нормы кровообращения [6].

### Список литературы

1. Сенницкий В.Л. О силовом взаимодействии шара и вязкой жидкости в присутствии стенки // Прикладная механика и техническая физика. 2000. Т. 41, № 1. С. 57–62.
2. Сенницкий В.Л. Движение вязкой жидкости и стенки в присутствии покоящейся стенки // Прикладная механика и техническая физика. 2016. Т. 57, № 2. С. 76–82. DOI: 10.15372/PMTF20160208.
3. Аристов С.Н., Князев Д.В. Течения вязкой жидкости между подвижными параллельными плоскостями // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2012. № 4. С. 55–61.
4. Петров А.Г. Точное решение уравнений Навье – Стокса в слое жидкости между движущимися параллельно пластинами // Прикладная механика и техническая физика. 2012. Т. 53, № 5. С. 13–18.
5. Петров А.Г. О точных и асимптотических решениях уравнений Навье – Стокса в слое жидкости между сближающимися и удаляющимися пластинами // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2014. № 2. С. 44–57.
6. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов. М.: Мир, 1983. 400 с.

УДК 544.543:544.2

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПЛАНАРНЫХ ОЛИГОФЕНОЛОВ С ШИФФОВЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

**Бекташи Н.Р.***Институт полимерных материалов национальной АН Азербайджана, Сумгаит,  
e-mail: ipoma@science.az*

На основе ди-, три- и олиготолилазометинфенолов и ацетатов переходных металлов ( $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{+2}$  и  $Pb^{2+}$ ) синтезирован ряд полимерных комплексов. Физико-химическими и спектральными методами анализа определены их состав и структура. Показано, что испытанные планарные ди-, три- и олигофенолы с Шиффовыми заместителями при нормальных условиях активно взаимодействуют с ацетатами двухвалентных цинка, кобальта, меди и свинца и образуют интенсивно окрашенные металлополимерные комплексы, состоящие из растворимых (17,7–100%) и нерастворимых (22,9–70,6%) фракций с  $M_w$  и  $M_n$  колеблющимися в пределах 690–910 и 1690–2850 соответственно. Показано, что кроме медного комплекса ди- и тритолилазометинфенола ( $T_{пл} = 183^\circ C$ ) полученные комплексы не плавятся вплоть до  $250^\circ C$ . Комплексы  $Co^{2+}$  и  $Cu^{+2}$  с олиготолилазометинфенолом характеризуются магнитной восприимчивостью в пределах 1,3–3,8. Выявлена антибиотическая активность полученных комплексов, ингибирующая рост ряда микрокультур. Наиболее высокая ингибирующая активность установлена у комплекса меди с олиготолилазометинфенолом.

**Ключевые слова:** металлополимерные комплексы, Шиффовые заместители, молекулярномассовое распределение, эксклюзионная жидкостная хроматография, антибиотическая активность

## SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF METAL-POLYMER COMPLEXES BASED ON PLANAR OLIGOPHENOLS WITH SCHIFF SUBSTITUENTS

**Bektashi N.R.***Institute of Polymer Materials of Azerbaijan National Academy of Sciences, Sumgait,  
e-mail: ipoma@science.az*

On the basis of di-, tri- and oligotolylazomethinephenols and acetates of transition metals ( $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{+2}$  and  $Pb^{2+}$ ) a number of polymer complexes has been synthesized. Their composition and structure have been determined by physical-chemical and spectral methods of analysis. It has been shown that the tested planar di-, tri- and oligophenols with Schiff substituents in the normal conditions interact actively with acetates of bivalent zinc, cobalt, copper and lead and form the intensively colored metal-polymer complexes consisting of soluble (17,7-100%) and insoluble (22,9-70,6%) fractions with  $M_w$  and  $M_n$  vibrating within the ranges of 690-910 and 1690-2850 respectively. It has been shown that besides copper complex of di- and tritolylazomethinephenol (B.p. =  $183^\circ C$ ) the prepared complexes are not melted up to  $250^\circ C$ . The complexes  $Co^{2+}$  and  $Cu^{+2}$  with oligotolylazomethinephenol are characterized by magnetic sensitivity within the ranges of 1,3-3,8. The antibiotic activity of the prepared complexes inhibiting the growth of a number of microcultures. The highest inhibitory activity has been established in copper complex with oligotolylazomethinephenol.

**Keywords:** metal-polymer complexes, Schiff substituents, molecular weight distribution, Size-Exclusion Liquid Chromatography, antibiotic activity

Рациональный дизайн лигандных систем, направленный на создание металлокомплексов с заданным строением и практически полезными свойствами, является важнейшей задачей современной координационной химии. Одним из наиболее широко изучаемых объектов, использующихся для решения этой задачи, являются азометинные лиганды и их комплексные соединения. Известно, что при варьировании звенности металлоциклов, природы донорных атомов, разнообразных стерео- и координационно-активных заместителей удается синтезировать азометинные комплексные соединения с управляемыми структурами и ядерностью. Путем изменения методов и условий синтеза, подбора лигандных систем и комплексообразователей получают не только обычные для хелатирующих лигандов внутриклеточные

соединения, но и металлополимерные комплексы (МПК) [1, 2].

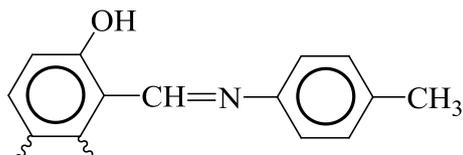
Цель исследования: создание новых типов структурно упорядоченных, конформационно регулируемых каталитических систем на основе МПК, состоящих из планарных ди-, три- и олиготолилазометинфенолов (ОТАМФ) и ряда переходных металлов:  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ . Эти исследования могут открыть возможность создания новых типов комплексных катализаторов химических превращений, антибиотиков, а также полифункциональных материалов с высокими эксплуатационными свойствами.

### Материалы и методы исследования

В процессе синтеза исследуемых МПК использовались реактивы: п-толуидин, салициловый альдегид, КОН, 35%-ный NaOCl, 37%-ный HCl, ацетаты цинка,

кобальта, меди и свинца, н-гептан, тетрагидрофуран (ТГФ), диметилформамид (ДМФА), этил- и метиловые спирты, 1,4-диоксан, концентрированная  $H_2SO_4$  производимыми фирмами «Мерск», «Carbo-Erba» и Analag Chem». п-Толлил-2-азометинфенол (ТАМФ) (или N-р-толилсалицилальдимин) синтезировали путем конденсации п-толуидина с салициловым альдегидом в среде кипящего этилового спирта. После завершения реакции растворитель отгоняли, а продукт конденсации перекристаллизовывали из этанола ( $T_{пл}$  93 °С).

Структуру ОТАМФ состоящей из ТАМФ звеньев можно описать в следующем виде:



Синтез ОТАМФ и МПК на их основе осуществляли по [3–5]. При этом ОТАМФ получен путем окислительной поликонденсации (ОП) ТАМФ 35%-ным водным раствором NaOCl в водно-щелочной среде разделили на три фракции: первая фракция, растворимая в н-гептане (ОТАМФ-1), вторая фракция, не растворимая в н-гептане (ОТАМФ-2), и третья фракция, растворимая в воде (ОТАМФ-3). Установлено, что ОТАМФ-1 состоит из смеси ди- ( $M_n = 425$ ) и тримеров ( $M_n = 640$ ) примерно в одинаковом количестве, а ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3 являются олигомерами. Химическими и спектральными методами анализа установлено, что все три фракции ОТАМФ состоят из ТАМФ звеньев. Однако вследствие частичного гидролиза и окисления азометиновых групп в процессе синтеза в макромолекулу ОТАМФ-3, наряду с основными звеньями включаются в небольших количествах карбоксильные звенья (5–10%).

Молекулярные массы (ММ) и параметры молекулярно-массового распределения (ММР) синтезированных продуктов были определены методом эксклюзионной жидкостной хроматографии (ЭЖХ) на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы Kovo (Чехия) с рефрактометрическим и УФ-спектрофотометрическим детекторами. Использованы две колонки размером  $3,3 \times 150$  мм, заполненные неподвижной фазой Searon-SGX с размером частиц 7 мкм и пористостью 100 Å. Элюент – ДМФА, скорость потока 0,3 мл/мин.  $T = 20\text{--}25$  °С. Калибровочную зависимость  $lgM$  от  $V_R$  в диапазоне  $M = (1,5 - 100) \times 10^2$  получили с использованием полиэтиленгликолевых стандартов и узких фракций ОТАМФ. Интерпретацию хроматограмм выполняли по методике [6].

ИК- и УФ-спектры полученных МПК и исходных ОТАМФ снимали в таблетках KBr, а также в растворах тетрагидрофурана (ТГФ) на спектрометре FTIR-8300 фирмы Shimadzu. Магнитные моменты комплексов измеряли методом Гуи с использованием  $Hg[CO(SCN)_4]$  в качестве стандартного вещества при комнатной температуре.

ДТ и ТГ анализы тонких порошков полученных веществ осуществляли на приборе NiGn RG2/s на воздухе при скорости роста температуры 2 °С/мин.

Антимикробную активность исследуемых комплексов определяли методом серийных разведений [7]. В качестве тест-штаммов использовали следующие стандартные типовые культуры микро-

организмов: *L. monocytogenes*, *B. brevis*, *B. megaterium*, *M. luteus*, *B. cereus*, *K. pneumonia*, *M. smegmatis*, *S. thermophilus*, *S. aureus*, *E. aerogenes*, *Torulopsis holmii*, *P. Vulgaris*. При этом определены минимальные подавляющие концентрации и минимальные бактерицидные концентрации катионов металлов в составе МПК. Одномолярные растворы  $2[ТАМФ]Cu^{+2}$ ,  $2[ОТАМФ-2]Cu^{+2}$ ,  $2[ОТАМФ-3]Cu^{+2}$ ,  $2[ОТАМФ-2]Co^{+2}$ ,  $2[ОТАМФ-2]Zn^{+2}$  и  $2[ОТАМФ-2]Pb^{+2}$  стерилизовали автоклавированием.

### Результаты исследования и их обсуждение

При смешивании ТГФ или диоксановых растворов ОТАМФ с метанольными растворами ацетатов  $Zn^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$  и  $Pb^{+2}$  наблюдается изменение окраски с образованием осадка. ОТАМФ-1 (ди-, тримерная фракция) с металлами так и исходный ТАМФ образует только растворимый комплекс (табл. 1, образцы 1 и 2), в то время как остальные МПК ОТАМФ состоят из растворимых и нерастворимых фракций (табл. 1, образцы 3–7). Как следует из данных табл. 1, образование МПК фракциями исследуемых олигомеров (ОТАМФ-1, ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3) происходит с высоким выходом (74,4–95,5%). Видно также, образование МПК с ионами меди происходит с более высокими выходами, чем исходный мономер ТАМФ. Этот факт свидетельствует о большой реакционной способности ОТАМФ, обусловленной их системами полисопряженных связей.

В реакции взаимодействия с ОТАМФ-2 среди изучаемых металлов,  $Cu^{+2}$  проявляет наиболее высокую активность. При этом выход комплексов ОТАМФ-2 снижается в ряду металлов:  $Cu^{+2}$  (95,5%),  $Pb^{+2}$  (74,4%),  $Co^{+2}$  (71,2%),  $Zn^{+2}$  (67,4) (табл. 1). В этом ряду наиболее активность проявляют  $Cu^{+2}$  и  $Pb^{+2}$  и образующиеся МПК на их основе обладают высоким выходом и соответственно высокой нерастворимой фракцией (50,2; 47,9%). Наиболее высокий выход нерастворимой фракции МПК фиксирован в реакции взаимодействия ацетата меди с ОТАМФ-3 (70,6%), что, возможно, связано с наличием в структуре указанного МПК, кроме ОН и азометиновых групп (СН=N) активных СООН групп, вследствие чего образуются более плотная трехмерно-сетчатая структура. Исследование магнитных свойств нерастворимых фракций МПК показало, что  $Zn^{+2}$  и  $Pb^{+2}$ , как и следовало ожидать, диамагнитны (табл. 1, образцы 6 и 7). Величины магнитных моментов медных комплексов ТАМФ, ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3 близки между собой (1,3–1,7). Лишь комплекс  $Co^{+2}$  с ОТАМФ-2 обладает высокой магнитной восприимчивостью (3,8) по сравнению с комплексами других металлов.

Гравиметрические анализы позволили определять содержание оксидов металлов в составе комплексов ТАМФ (12,49%) близко теоретически рассчитанному (13,08%). Растворимые и нерастворимые фракции комплексов  $\text{Cu}^{+2}$  и  $\text{Zn}^{+2}$  с ОТАМФ-2 включают в состав металлы, содержание которых близко к теоретически рассчитанным значениям (табл. 1). А в составе комплекса  $\text{Cu}^{+2}$  с ОТАМФ-3 содержание металла в растворимой фракции примерно наполовину меньше (6,33%). Наибольшее отличие между рассчитанным и найденным содержанием металла в составе МПК наблюдается в случае  $\text{Pb}^{+2}$  с ОТАМФ-2. Растворимая способность МПК, очевидно, обусловлена главным образом содержанием поперечных металло-полимерных межмолекулярных связей. В составе

комплекса ОТАМФ-3 найденное содержание меди на 3,88% превышает рассчитанное количество. Это, возможно, связано с наличием в макромолекулах определенного количества бифункциональных салицилоксидных звеньев. Полученные МПК являются в основном коричневыми, черными, иногда темно-зелеными твердыми веществами. Кроме медного комплекса исходного ТАМФ и ОТАМФ-1 (203 и 195 °С) остальные МПК плавятся вплоть до 250 °С. Таким образом, температура плавления образующихся МПК намного (на 100–110 °С) превосходит аналогичные параметры исходных органических веществ.

В ММ характеристике МПК, установленной методом ЭЖХ, обнаруживается тенденция понижения значений  $M_w$  в ряду  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Co}^{+2}$  и  $\text{Zn}^{+2}$  (2347, 1974 и 1690) (табл. 2).

Таблица 1

Свойства и выходы МПК ОТАМФ с ацетатами металлов

№ п/п	Комплексы	$T_{пл}$ , °С	$\mu$ эфф	Me, %			Выход, %		
				ТВ	Найдено*		$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Sigma$
					$\Phi_1$	$\Phi_2$			
1	2[ТАМФ] $\text{Cu}^{+2}$	203	1,7	13,08	12,49	–	80,6	–	80,6
2	2[ОТАМФ-1] $\text{Cu}^{+2}$	>195	1,5	13,08	12,35	–	77,5	–	77,5
3	2[ОТАМФ-2] $\text{Cu}^{+2}$	>250	1,6	13,08	12,65	13,36	45,3	50,2	95,5
4	2[ОТАМФ-3] $\text{Cu}^{+2}$	>250	1,3	13,08	6,33	16,96	17,7	70,6	88,3
5	2[ОТАМФ-2] $\text{Co}^{+2}$	>250	3,8	12,25	5,65	13,08	40,2	31,0	71,2
6	2[ОТАМФ-2] $\text{Zn}^{+2}$	>250	д.	13,42	13,41	13,23	19,5	22,9	67,4
7	2[ОТАМФ-2] $\text{Pb}^{+2}$	>250	д.	32,93	22,07	28,16	30,5	47,9	74,4

Примечание. \*  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  растворимые и нерастворимые фракции, ТВ – теоретически вычисленные значения количества металлов, д – диамагнетичность.

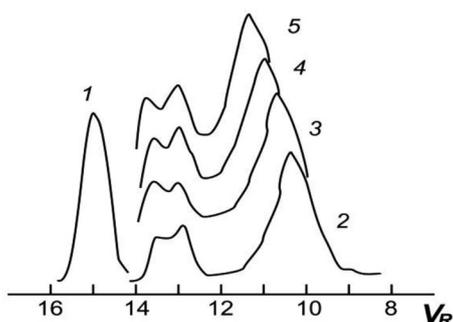
Таблица 2

Молекулярные характеристики и фракционные составы МПК с ацетатами переходных металлов

№ п/п	Комплексы	Димер, %	Тример, %	ММР			
				$M_n^*$	$M_w$	$M_w/M_n$	$M_p^{**}$
1	2[ТАМФ] $\text{Cu}^{+2}$	–	–	280	280	1,0	–
2	2[ОТАМФ-1] $\text{Cu}^{+2}$	48	52	645	710	1,1	–
3	2[ОТАМФ-2] $\text{Cu}^{+2}$	11,2	9,5	725	2347	3,25	2510 (10,8)
4	2[ОТАМФ-3] $\text{Cu}^{+2}$	9,8	12,7	715	2440	3,41	2585 (10,75)
5	2[ОТАМФ-2] $\text{Co}^{+2}$	12,4	16,4	725	1974	2,71	1995 (11,2)
6	2[ОТАМФ-2] $\text{Zn}^{+2}$	13,2	17,0	730	1690	2,31	1680 (11,5)
7	2[ОТАМФ-2] $\text{Pb}^{+2}$	9,5	12,5	910	2850	3,13	3160 (10,4)

Примечание. \*Образцы 2–6 –  $M_n$  тримеров соответствующих МПК,  $M_p^{**}$  – ММ соответствующие максимумам пиков высокомолекулярной части хроматограммы, в скобках объем удерживания  $V_R$ .

Наиболее высокая ММ в случае  $Pb^{+2}$  ( $M_n = 910$ ,  $M_w = 2850$ ), несомненно, связана с высокой атомной массой свинца ( $M = 207$ ). Как показано, в отличие от ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3, являющихся олигомерами, ОТАМФ-1 состоит из ди- и тримеров. Причем общее их содержание в составе образцов практически не превышает 30%. Из данных таблицы видно, что переход в комплексную форму, как и следовало ожидать, сопровождается ростом  $M_n$  образцов МПК (табл. 2, образцы 1–7 и кривые 1–5 на рисунке) примерно на массу одного атома соответствующего металла. Следует отметить, что сравнительно высокие значения  $M_w$  и  $M_p$  исследуемых образцов (2500–3000) дают основание полагать, что, меняя условие синтеза можно достичь получения ОТАМФ, следовательно, и МПК на их основе с более высокими ММ. Данное обстоятельство, несомненно, даст возможность получить МПК с регулируемыми параметрами ММР в достаточно широком диапазоне ММ.



Эксклюзионно-хроматографические кривые ММР МПК с ацетатами металлов. Кривая 1-ТАМФ, кривые 2–5 соответствуют образцам 7, 4, 3 и 5 в табл. 1 (1 счет = 0,13 мл)

Полученные комплексы по растворимости также заметно отличаются от исходных соединений. Так, растворимые фракции комплексов ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3 хорошо растворимы в  $H_2SO_4$ , ДМФА, ТГФ и диметилсульфоксиде. По сравнению с исходными олигомерами, комплексы хорошо растворяются в водной щелочи, этаноле, ацетоне, диоксане, этилацетате и не растворяются в ароматических растворителях и хлоруглеводородах.

В ИК-спектрах полученных МПК наблюдаются четкие отличия полос поглощений от спектров ОТАМФ-1, ОТАМФ-2, ОТАМФ-3 и ТАМФ. Сильная полоса поглощения азометиновых групп ТАМФ, на спектре его медного комплекса, в области  $1618\text{ см}^{-1}$  при координации с атомами металла смещается в область  $1608,5\text{ см}^{-1}$ . Одновременно в области  $424$ ,  $521$  и  $538\text{ см}^{-1}$  появляются полосы поглощения  $Me-N$  и  $Me-O$  связей со средней

интенсивностью. Интенсивность полос колебания фенольных  $OH$  групп при  $3450\text{ см}^{-1}$  после взаимодействия с медью ослабевают и смещаются в  $3348\text{ см}^{-1}$ . Полоса поглощения ароматических  $C-H$ ,  $C=C$  ( $1600$ ,  $1575$ ,  $1512$ ,  $1456\text{ см}^{-1}$ ) и  $C\equiv N$ ,  $C=O$  связей ( $420$ ,  $501$ ,  $530\text{ см}^{-1}$ ) в спектрах ТАМФ и его медного комплекса аналогичны. В ИК-спектрах ОТАМФ-1 и их медного комплекса так же фиксируются похожие изменения в области появления полос поглощения  $CH=N$  и  $OH$  группы. Сильная полоса поглощения азометиновых групп ОТАМФ-1 ( $1620\text{ см}^{-1}$ ) после его взаимодействия с  $Cu^{+2}$ , появляется чуть раньше в области  $1610\text{ см}^{-1}$ . Колебания  $Me-O$  и  $Me-N$  связей наблюдаются при  $420$ ,  $501$ , и  $530\text{ см}^{-1}$ . ИК-спектры ОТАМФ-1, ОТАМФ-2 и их медных комплексов идентичны.

Таким образом, исследование состава, структуры и свойств, в том числе магнитных, подтверждают структуру МПК, состоящих из макромолекулярных цепей ТАМФ звеньев, связанных с двухвалентными металлами через фенольные  $CO-Me$  группы и координированных азометиновыми заместителями.

Исследования термоокислительной деструкции методом ТГ показали, что синтезированные МПК начинают разлагаться при более высоких температурах ( $139-261^\circ C$ ), чем разложения исходных веществ ( $184^\circ C$ ). Комплексы  $Zn^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  в процессе разложения теряют 5% массы при более высоких температурах ( $150-157^\circ C$ ), чем исходные олигомеры ( $130-134^\circ C$ ).

Относительно высокая термостабильность МПК в этих условиях, вероятно, обусловлена с их трехмерно-сетчатой структурой. Однако при высоких температурах ( $>500^\circ C$ ) их разложение происходит более интенсивно, чем исходные олигомеры. Например, если температура полураспада образцов ОТАМФ равна  $639$  и  $757^\circ C$ , то аналогичные параметры у соответствующих МПК намного ниже и составляют  $507$  и  $620^\circ C$ . Этот факт, очевидно, связан с каталитическим действием металлов при высоких температурах на процесс окислительного разложения ОТАМФ. Наиболее высокую каталитическую активность проявляют  $Co^{+2}$  и  $Pb^{+2}$ .

Среди испытанных МПК относительно высокая термостабильность характерна для комплексов  $Zn^{+2}$  и  $Cu^{+2}$ . Как следует из данных табл. 3, температура полураспада указанных комплексов ( $620$ ,  $582^\circ C$ ) превышает температуру полураспада комплексов  $Co^{+2}$  и  $Pb^{+2}$  ( $465$  и  $507^\circ C$ ). При этом количество коксового остатка у испытываемых МПК, при  $1120^\circ C$  меняется в пределах  $10,6-35,3\%$ . Однако, если принимать во внимание содержание металлов в составе МПК ( $17,2-25,5\%$ ), то большая доля коксовых остатков

состоит из окисей соответствующих металлов. Например, количество коксового остатка в случае ОТАМФ-3 и его медного комплекса при 1120°C составляет 16,9 и 32%. Здесь из 32% лишь 6,04% является графитизированной органической частью комплекса, а 25,96% является окисью меди.

При изучении свойства растворимых фракций синтезированных МПК выявлена их антибиотическая активность по отношению к ряду микроорганизмов. Среди

МПК наивысшую антибиотическую активность показал медный комплекс ОТАМФ-2 (обр. II). Указанный комплекс ингибирует рост всех 12 микроорганизмов, испытываемых в работе (табл. 4). Комплексы  $Zn^{+2}$ ,  $Co^{+2}$  и  $Pb^{+2}$  (образцы IV V и VI) показали ограниченное ингибирующее действие на рост микроорганизмов. А медный комплекс ОТАМФ-3 препятствовал лишь росту четырех микроорганизмов: *P. vulgaris*, *M. luteus*, *S. thermophilus*, *Torulopsis holmii*.

Таблица 3

Термоокислительная деструкция нерастворимых фракций МПК и исходных веществ

Свойства	Испытанные вещества								
	ТАМФ	ОТАМФ-2	ОТАМФ-3	М П К*					
				1	2	3	4	5	6
$T_0, ^\circ C$	184	130	134	261	139	127	150	146	157
$T_1, ^\circ C$	243	239	200	300	216	202	246	250	245
$T_2, ^\circ C$	306	757	639	409	582	488	620	465	507
К.О*	0.3	2.9	15.9	15.6	10.6	32.0	23.5	27.7	35.3

Примечание. К.О – коксовый остаток при 1125 °С;  $T_0$ ,  $T_1$  и  $T_2$  – температуры до и при 5 и 50% распада, °С. \*МПК: 1 – 2[ТАМФ]Cu<sup>+2</sup>, 2 – 2[ОТАМФ-2] Cu<sup>+2</sup>, 3 – 2[ОТАМФ-3]Cu<sup>+2</sup>, 4 – 2[ОТАМФ-2] Zn<sup>+2</sup>, 5 – 2[ОТАМФ-2]Co<sup>+2</sup>, 6 – 2[ОТАМФ-2]Pb<sup>+2</sup>.

Таблица 4

Антимикробная активность комплексов (I – 2[ТАМФ]Cu<sup>+2</sup>, II – 2[ОТАМФ-2]Cu<sup>+2</sup>, III – 2[ОТАМФ-3]Cu<sup>+2</sup>, IV – 2[ОТАМФ-2]Co<sup>+2</sup>, V – 2[ОТАМФ-2]Zn<sup>+2</sup>, VI – 2[ОТАМФ-2]Pb<sup>+2</sup>)

Микроорганизмы	МПК* и МБК катионов металлов, мкг/мл					
	I (Cu <sup>+2</sup> )	II (Cu <sup>+2</sup> )	III (Cu <sup>+2</sup> )	IV (Co <sup>+2</sup> )	V (Zn <sup>+2</sup> )	VI (Pb <sup>+2</sup> )
<i>L. monocytogenes</i>	25	2,5	–	11	12	10
	50	5	–	22	12	13
<i>B. brevis</i>	30	2,25	–	10	–	12
	60	4,5	–	12	–	12
<i>B. megaterium</i>	30	2,25	–	13	10	–
	60	4,5	–	15	10	–
<i>M. luteus</i>	–	2,5	–	14	–	10
	–	5	–	30	–	10
<i>B. cereus</i>	25	2	–	–	10	12
	55	4	–	–	10	12
<i>K. pneumonia</i>	30	2	–	14	10	13
	65	4	–	29	10	15
<i>M. smegmatis</i>	–	3,25	–	15	13	10
	–	6,5	–	33	13	10
<i>S. thermophilus</i>	25	2	4	–	12	–
	55	4	8	–	12	–
<i>S. aureus</i>	25	2	–	15	–	13
	55	4	–	32	–	13
<i>E. aerogenes</i>	–	2,5	–	15	12	10
	–	5	–	30	12	10
<i>Torulopsis holmii</i>	30	3	4	–	10	10
	60	6	8	–	10	10
<i>Vulgaris</i>	25	2,75	6	14	10	12
	50	5,5	12	28	10	12

Примечание. МПК\* – здесь минимальная подавляющая концентрация. Нижние цифры значения МПК.

Как следует из данных таблицы, наиболее низкой антимикробной активностью обладает комплекс исходного  $2[\text{TAMФ}]\text{Cu}^{+2}$ , в пределах 25–30 (МБК) и 50–65 (МПК). При этом переход к МПК (ОТАМФ) сопровождается резким повышением бактерицидности до десяти раз, что, несомненно, связано с ростом ММ комплексов. Уровни антимикробной активности применяемых МПК по отношению к разным микроорганизмам близки и практически меняются в одинаковых пределах.

### Заключение

Таким образом, исследования свойства, состава и структуры позволили показать, что вновь синтезированные МПК содержат между- и внутримолекулярные О-Ме и N-Ме связи, и являются неплавкими (вплоть до 250 °С) твердыми веществами. Среди них комплексы  $\text{Cu}^{+2}$  и  $\text{Co}^{+2}$  характеризуются магнитной восприимчивостью в пределах 1,3–3,8. МПК до 500 °С достаточно термостабильны и при 1125 °С образуют 10,6–35,3% коксовых остатков. Выше 500 °С металлы катализируют термоокислительную деструкцию комплексов.

Полимерные комплексы подобного типа успешно применяются в качестве

катализаторов химических превращений, антибиотиков, а также при создании принципиально новых полифункциональных материалов с высокими эксплуатационными свойствами и для решения других практически важных задач.

### Список литературы

1. Xiao J.M., Zhang W. In situ synthesis and dielectric properties of copper (II) and nickel (II) chiral Schiff base complexes. *Inorganic Chemistry Communications*. 2009. V. 12. P. 1175–1183.
2. Wang R.M., He N.P., Song P.F., He Y.F., Ding L., Lei Z.Q. Preparation of nani-chitosan Schiff-base copper complexes and their anticancer activity. *Polymers advanced technologies*. 2009. V. 20. P. 959–965.
3. Бекташи Н.Р. Синтез и исследование молекулярно-массового распределения и структуры олигофенилазаметин-фенола и металлокомплексов на его основе // *Нефтегазовые технологии и аналитика*. 2017. № 9. С. 14–19.
4. Bektashi N.R. Size-Exclusion Chromatography of co oligoanilinazomethenols. 24 National Chemistry Congress. Turkey, Zonguldak, 29 June-2 July 2010. P. 29.
5. Valipour A.Ya., Mamedov B.A., Mamedova R.I., Taryverdiev Sh., Bayramov G.K. Synthesis and properties of co polyanilinehydroxybenzaldehyde. *Novation, Periodical Scientific Journal*. 2010. No.7. P. 153.
6. Bektashi N.R., Alieva D.N., Jalilov R.A., Ragimov A.V. Liquid Chromatography of Oligoepichlorohydrin. *Polymer Science Ser. B*. 2000. vol. 42. no. 9–10. P. 276.
7. Егоров Н.С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М.: МГУ, 1995. 224 с.

УДК 612.171:004.9

## ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МИОКАРДА НОВОЙ ТОПОЛОГИИ

<sup>1</sup>Арутюнов Ю.А., <sup>2</sup>Чащин Е.А., <sup>3</sup>Шашок П.А.

<sup>1</sup>Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации  
Федерального медико-биологического агентства, Москва, e-mail: double-spiral@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева»,  
Ковров, e-mail: kanircha@list.ru;

<sup>3</sup>ООО «Двойная спираль», Москва, e-mail: Mstr.spa@gmail.com

В статье проведен анализ существующих в настоящее время моделей работы сердца и сердечно-сосудистой системы, сложившихся в ходе становления существующих систем и методов диагностики патологий, основанных на постулате об однородности миокарда. Подробно рассмотрены кинетическая, гемодинамическая и электрическая модели, описывающие работу сердечно-сосудистой системы, а также отдельное внимание уделено анализу возможности использования пакетов прикладных программ типа ANSYS, NASTRAN/PATRAN, ELCUT и т.д., позволяющих описывать гемодинамические процессы в приближении неньютоновской биологической жидкости. Интерес к ревизии и дальнейшему развитию классических теорий, используемых для описания электро-, био-, механических процессов в сердечно-сосудистой системе, вызван тем, что большинство из используемых в настоящее время методов математического моделирования не учитывают влияния топологии миокарда на работу сердца и сердечно-сосудистой системы. Поэтому, принимая во внимание тот факт, что физиологическая и патофизиологическая значимость феномена топологии миокарда изучена в настоящее время недостаточно полно, показано, что существует необходимость системно-синергетического подхода к принципиальному переосмыслению и пересмотру существующих математических моделей, описывающих работу сердца и сердечно-сосудистой системы, с точки зрения учета новых, критически значимых качественных свойств и особенностей миокарда сердца.

**Ключевые слова:** моделирование, сердечно-сосудистая система, топология Мебиуса, миокард, информационные технологии

## A SOFTWARE SIMULATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM TO HEMODYNAMIC STUDIES, PHYSICAL-MECHANICAL AND ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE MYOCARDIUM THE NEW TOPOLOGY

<sup>1</sup>Arutyunov Yu.A., <sup>2</sup>Chaschin E.A., <sup>3</sup>Shashok P.A.

<sup>1</sup>Scientific-Clinical Center of Sports Medicine Federal Medical-Biological Agency of Russia,  
Moscow, e-mail: double-spiral@yandex.ru;

<sup>2</sup>Kovrov State Technological Academy, Kovrov, e-mail: kanircha@list.ru;

<sup>3</sup>LLC «Double spiral», Moscow, e-mail: Mstr.spa@gmail.com

The article analyzes the currently existing models of the heart and cardiovascular system, formed in the course of the formation of existing systems and methods of diagnosis of pathologies based on the postulate of myocardial homogeneity. The kinetic, hemodynamic and electrical models describing the work of the cardiovascular system are considered in detail, as well as special attention is paid to the analysis of the possibility of using software packages such as ANSYS, NASTRAN/PATRAN, ELCUT, etc., to describe hemodynamic processes in the approximation of non-Newtonian biological fluid. Interest in the revision and further development of classical mathematical models used to describe electro-, bio-, mechanical processes in the cardiovascular system is caused by the fact that most of the currently used methods of mathematical modeling do not take into account the influence of myocardial topology on the heart and cardiovascular system. Therefore, taking into account the fact that the physiological and pathophysiological significance of the phenomenon of myocardial topology is currently insufficiently studied, it is shown that there is a need for a system-synergetic approach to the fundamental rethinking and revision of existing mathematical models describing the work of the heart and cardiovascular system, from the point of view of taking into account new, critically important, topological features of the heart myocardium.

**Keywords:** modeling, cardiovascular system, Mobius topology, myocardium, information technologies

Известно, что для всех направлений медицинских исследований, как прикладного так и фундаментального характера, моделирование гемодинамических, физико-механических и электрофизических характеристик биологических объектов является неотъемлемым [1]. При этом развитие мо-

делирования применительно к спортивной медицине во многом связано и зависит от аппаратно-приборной базы существующих систем и методов диагностики, внедрение которых позволило значительно облегчить диагностику патологий сердца и сердечно-сосудистой системы на ранних этапах [2, 3].

На текущий момент разработано достаточно большое количество моделей сердца и сердечно-сосудистой системы (ССС). Из них в медицинской практике, в силу высокого уровня визуализации исследуемых структур, как правило, применяются геометрические и физические модели СССР [4, 5], однако вследствие большого количества возможных состояний, вызванных как морфологическими так и функциональными особенностями, подобные модели не позволяют учесть накопленный к настоящему времени обширный экспериментальный материал. Большой интерес представляют модели, позволяющие описать существенные для оригинального объекта факторы и параметры. Такие модели биологических объектов предполагают наличие трех основных подклассов, а именно гемодинамические, кинетические и электрические математические модели. Однако классические математические модели, описывающие происходящие в СССР процессы, имеют ограниченное практическое применение, так как теоретические предпосылки основываются на постулате об однородности миокарда и ограничены построением упрощенных моделей, не учитывающих физиологическое и патофизиологическое влияние феномена топологии миокарда. В то же время в работе [5, 6] излагалось теоретическое описание СССР и формулировалась задача о математическом моделировании СССР, основанной на недавнем открытии ученых [4] показавшем, что миокард сердца имеет топологию Мебиуса. При этом утверждается, что построение математической модели, воспроизводящей основные функции СССР с учетом такой анатомии миокарда, обеспечивает физиологически реальные, близкие к результатам клинических наблюдений, характеристики гемодинамики, физико-механики и электрофизики СССР.

Цель исследования: анализ существующих в настоящее время моделей работы сердца и сердечно-сосудистой системы, сложившихся в ходе становления существующих систем и методов диагностики патологий, основанных на постулате об однородности миокарда.

#### Материалы и методы исследования

В работе на основании практического подхода к исследованию электрической и механической функций в сравнении однородного и неоднородного миокарда сердца выполнен анализ существующих математических моделей, описывающих работу СССР. Отличительной особенностью такого подхода является возможность выявления, в приближении миокарда как объекта с топологией Мебиуса, необходимости учета физиологической и патофизиологической значимости неоднородности миокарда.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Одной из наиболее известных в настоящее время моделей СССР является гемодинамическая модель [7, 8]. Рассмотрим особенности моделирования СССР в рамках концепции «миокард новой топологии». Известно [9], что математическое описание течения кровотока основано на использовании системы уравнений, в которой формальная запись общего вида на каждом ребре графа имеет вид

$$\begin{aligned} \partial s / \partial t + \partial u s / \partial x &= 0, \\ \partial u / \partial t + \partial (u^2 / 2 + p / \rho) / \partial t &= F_t + F_{mp}, \\ S &= S(p), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения кровеносного сосуда;  $u$  – линейная скорость движения крови;  $p$  – давление крови;  $t$  – время;  $x$  – длина, вдоль оси каждого сосуда;  $\rho$  – плотность крови  $\rho = \text{const}$ ;  $F_t$  – внешняя сила, например, земного притяжения;  $F_{mp} = -8pnu/s$  – сила вязкого трения потока крови о стенки сосуда;  $n$  – коэффициент вязкости крови.

Из системы уравнений гемодинамики (1), состоящей из нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений, видно, что наиболее удобным способом ее решения является численный метод. В настоящее время для реализации численных методов решения систем дифференциальных уравнений удобно использовать пакеты прикладных программ математического моделирования объектов, например пакеты аппаратного обеспечения вычислительных систем типа ANSYS, NASTRAN/PATRAN, ELCUT и т.д. Следует отметить, что перечисленные пакеты аппаратного обеспечения позволяют так же рассчитывать, например, неньютоновские биологические жидкости, такие как кровь, учитывать анизотропность среды, в частности физико-механические свойства миокарда, характеристики электромагнитопроводящих сред для учета электрофизических свойств миокарда. Применительно для обеспечения работы высокоперспективного медоборудования, такого как, например, многофункциональный ультразвуковой аппарат для проведения сердечно-сосудистых исследований, а также других медицинских приборов предполагающих использование микро- и нано- электромеханических устройств, применение пакетов аппаратного обеспечения типа ANSYS, NASTRAN/PATRAN, ELCUT делает многообещающим разработку и дальнейшее усложнение теоретической модели и системы уравне-

ний (1), описывающих гемодинамические процессы. Однако видно, что математическая модель (1) не позволяет учесть изменение кинетической вязкости крови во время сердечного цикла, а также различность и неодинаковость в режимах течения крови в том числе, например, спурт-эффект течения неньютоновской жидкости. Таким образом, модель гемодинамики в настоящее время не может быть использована для решения задач, связанных с оптимизацией режима течения крови в ССС. Для решения задач оптимизации в систему уравнений гемодинамики необходимо дополнительно включить учет гидромеханических свойств и особенностей ССС. В этом случае описание режима течения крови, например, на основе программ ANSYS и NASTRAN/PATRAN потребует создания вычислительного комплекса, описывающего гемодинамику ССС в рамках концепции «миокарда новой топологии» в виде 3D-конечноразностной сетки русла кровотока сердца. Следует отметить, что создание программой модели гемодинамики ССС возможно на основе информации, получаемой с помощью современных комплексов ультразвуковой диагностики. Это позволит улучшить механизм работы электронных датчиков и других составляющих диагностического оборудования, что дает основания полагать, что созданная модель изменит основополагающие представления в данной области.

Другой известной и не менее распространенной в настоящее время классической теоретической моделью, описывающей деятельность ССС, является кинетическая модель [10, 11], математический аппарат которой рассматривает сердце как некий однородный объект, который создает давление и сообщает крови кинетическую энергию [12]. Рассмотрим особенности теоретической основы кинетической модели. Известно, что основным параметром моделирования в такой физико-механической модели является сердечный ритм, тогда в интервале одного сокращения работа любого из желудочков сердца может быть определена из выражения

$$W = QR + 0,5Qv^2/g, \quad (2)$$

где  $Q$  – выброс крови из желудочка;  $R$  – сопротивление кровотоку;  $g$  – ускорение свободного падения.

Видно, что в кинетической модели (2) работа сердца за одно сердечное сокращение в общем случае зависит не только от переноса некоторого количества крови в артериях, а также связана с формированием упругого напряжения в сердечной мышце.

В рамках концепции «миокард новой топологии» это делает актуальным разработку функциональной модели сердца, описывающей физико-механические процессы для многочастотных широкополосных электронных датчиков при формировании луча на прием/передачу в многофункциональных диагностических медицинских аппаратах для проведения ультразвуковых исследований ССС.

Как было показано выше, одно из новых направлений в моделировании процессов и построении имитационной модели работы ССС основано на представлении миокарда сердца как фигуры с топологией Мебиуса [13]. Учет критически значимых качественных свойств и особенностей миокарда сердца в описании работы ССС позволяет рассмотреть миокард как комбинацию сочетания набора магнитных доменов, что в свою очередь позволяет связывать биомеханику сокращений мышц сердца и гемодинамику течения крови в эластичных сосудах в тесном взаимодействии с электропроводящими процессами, обеспечивающими регулирование ССС в целом:

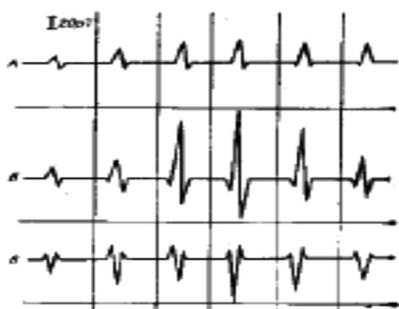
$$U = -0,5 \iiint_V \vec{J}_s \vec{H}_m dV, \quad (3)$$

где  $V$  – объем магнетика;  $J_s$  – намагниченность;  $H_m$  – напряженность магнитного поля.

Представления о строении миокарда в виде листа, свернутого в соответствии с топологией Мебиуса, ставят вопрос о дальнейшем изучении влияния связанности и ориентированности всей кровеносной системы и ее сопряжения с сердцем, поскольку Мебиусово трансформирование представляет из себя композицию конечного числа инверсий относительно сфер в евклидовом пространстве  $\bar{R}^n = R^n \cup \{\infty\}$ . Причем множество всех Мебиусных преобразований пространства  $\bar{R}^n$  конечномерно, а его подгруппа, составленная из отображений, сохраняющих ориентацию, изоморфна  $SO(n+1,1)$  [14]. Изоморфность подгруппы, составленной из отображений, представляет особую важность при математическом моделировании в рамках трансформаторной модели сердца, согласно которой распространение магнитного поля, создаваемого миокардом сердца, описывается в приближении, согласно которому миокард сердца представлен как магнитопровод, образуемый материалами с ориентированной доменной структурой. Действительно, из (3) видно, что для пространства, заполненного магнитным материалом с намагниченностью  $J_s$  магнитостатическое взаимодействие обособленных элементов

объема внутри намагниченного тела приводит к наличию собственной магнитостатической энергии этого тела, и величина поля рассеяния  $H_m$  ведет к образованию областей спонтанного намагничивания, т.е. доменной структуры. Это позволяет считать миокард сердца за магнитную доменную структуру – совокупность областей в магнитной подсистеме магнитных материалов, которые связывают микроскопические магнитные характеристики с их макроскопическими свойствами. Таким образом, при математическом описании процессов формирования в миокарде магнитного поля принимаем, что намагничивание и перемагничивание определяется свойствами доменной структуры.

При трансформации топологии магнитопровода, в частности его изменение из тороидальной формы в форму в виде петли Мебиуса, наблюдается изменение напряженности магнитного поля, вызванное влиянием изменения ориентации доменов. Это позволяет, по результатам анализа напряженности магнитного поля, решить задачу «визуализации» внутренней структуры миокарда сердца, так как амплитудные значения напряженности магнитного поля различаются для нормального (скрученного миокарда) и патологий на величину до 2 раз. Достоверность сделанных предположений (3) качественно подтверждается как результатами физического эксперимента, проводимого в формате клинических наблюдений [15], так и результатами вычислительного эксперимента [13].



*Усредненные показатели QRS комплекса МКГ здоровых людей (А) с гипертрофией левого желудочка (Б) и с инфарктом миокарда (В) [15]*

Новый подход к моделированию ССС человека, позволяет связать воедино электро-биомеханические процессы что дает возможность ранней диагностики развития патологий на основе оценки изменения характеристик функционирования ССС. В этом случае модель

ССС может быть представлена в виде 3D-конечноэлементной модели, описывающей физико-механические процессы, происходящие в сердце, включающей комплекс, базирующийся на изучения и доказательстве результатов следующих гипотез: спиральная мода колебаний – значимая характеристика здорового сердца (это основа для ранней диагностики патологий); энергетика здорового сердца в 4 раза меньше, чем энергетика больного сердца (конфигурация цилиндрического кольца основа для прогнозирования омертвления волокон миокарда); мышечная стимуляция миокарда распространяется в виде уединенной волны «сжатия – растяжения».

### Заключение

Выполненный анализ существующих в настоящее время моделей работы сердца и сердечно-сосудистой системы, сложившихся в ходе становления существующих систем и методов диагностики патологий, основанных на постулате об однородности миокарда, показал интерес к ревизии и дальнейшему развитию классических теорий, используемых для описания электро-, био-, механических процессов в сердечно-сосудистой системе. Принимая во внимание тот факт, что физиологическая и патофизиологическая значимость феномена топологии миокарда изучена в настоящее время недостаточно полно, существует высокая потребность в системно-синергетическом подходе к принципиальному переосмыслению и пересмотру существующих математических моделей, описывающих работу сердца и сердечно-сосудистой системы с точки зрения учета новых, критически значимых качественных свойств и особенностей миокарда сердца.

Применение системно-синергетического подхода к моделированию ССС, учитывающего синхронизацию между различными процессами, формирующими электро-биомеханику функционирования ССС, позволит в большей степени обеспечить соответствие локальных и нелокальных характеристик результатам физиологических экспериментов и клинических наблюдений. Это будет способствовать росту эффективности и ускорит адаптацию новых средств моделирования в клинических приложениях, как для диагностики сердечной деятельности, так и для разработки электромеханических стимуляторов ССС и целевых тренажеров для кардиохирургов, что позволит увеличить надежность и повысить вероятность эффективного проведения хирургических операций на ССС.

## Список литературы

1. Немирко А.П., Манило Л.А., Калининко А.Н. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. 245 с.
2. Фролов С.В., Макоев С.Н., Газизова Д.Ш., Лищук В.А. Модель сердечно-сосудистой системы, ориентированная на современную интенсивную терапию // Вестник ТГТУ. 2008. Т. 2. № 4. С. 892–901.
3. Лищук В.А. Математическая теория кровообращения. М.: Медицина, 1991. 256 с.
4. Buckberg G.D. Basic science review: The helix and the heart. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2002. Vol. 124. № 5. P. 376–386.
5. Самойлов А.С., Арутюнов Ю.А. Математическое моделирование сердечно-сосудистой системы для исследования гемодинамики, физико-механики и электрофизики миокарда новой топологии // Биомедицина. 2014. Т. 1. № 3. 104 с.
6. Ключников М.С., Самойлов А.С., Арутюнов Ю.А. Научное и инновационное развитие центра лечебной физкультуры и спортивной медицины ФМБА России // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. № 3. С. 72–79.
7. Свиридова Н.В., Власенко В.Д. Моделирование гемодинамических процессов сердечно-сосудистой системы на основе данных периферической артериальной пульсации // Математическая биология и биоинформатика. 2014. Т. 9. № 1. С. 195–205.
8. Арутюнов Ю.А., Иванов М.Г., Симаков С.С., Чедрик В.Ч. Компьютерная модель упругогидромеханических характеристик сердечно-сосудистой системы человека // Свидетельство на ПО для ЭВМ № 2012610668, 2012.
9. Кошелев В.Б., Мухин С.И., Соснин Н.В., Фаворский А.П. Математические модели квазиодномерной гемодинамики. М.: МАКС Пресс, 2010. 114 с.
10. Гаранин А.А., Рябов А.Е. Новое в биомеханике большого круга кровообращения // Российский журнал биомеханики. 2014. Т. 18. № 3. С. 345–360.
11. Симаков С.С., Чедрик В.В., Интерфейс визуализации сердечно-сосудистой деятельности // Свидетельство на ПО для ЭВМ № 2012610779, 2012.
12. Попов Г.И., Самсонова А.В. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. Учреждений высш. проф. образования / 3-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2014. 320 с.
13. Arutyunov Yu.A., Chaschin Ye. A., Vozovikov I.N., Drobnyazko A.A., Shashok P.A. The influence of the cardiomyocardial topology on the magnetizing force measured by magnetocardiograph. *International research journal*. 2017. Vol. 4. № 58. P. 6–12.
14. Альфорс Л. Преобразования Мебиуса в многомерном пространстве / Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 112 с.
15. Холодов Ю.А., Козлов А.Н., Горбач А.М. Магнитные поля биологических объектов. М.: Наука, 1987. 145 с.

УДК 616.8-001:617

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПРИ УШИБАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

<sup>1,2</sup>Жапаров Т.С., <sup>1</sup>Тургунбаев Б.Ж., <sup>3</sup>Эраалиев Б.А.

<sup>1</sup>Кыргызская государственная медицинская академия имени И.К. Ахунбаева, Бишкек;

<sup>2</sup>Национальный госпиталь Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, Бишкек;

<sup>3</sup>Кыргызский государственный медицинский институт переподготовки и повышения квалификации, Бишкек

В статье приведен анализ данных оперативных вмешательств у 148 больных с очагами ушибов и размозжений, возникших по типу ударов и противоударов, с внутримозговыми гематомами, оперированных в отделении нейротравмы. Поражение двух лобных долей имелось у 15 больных. Ушибленные очаги в обеих лобных долях возникали по механизму прямого удара. Односторонние размозжения лобной и височной долей обнаружены у 32 больных. Поражения двух височных долей отмечены у 4 больных. У 21 больного размозжение вещества головного мозга было отмечено во время операции по удалению импрессионного участка костей черепа. В послеоперационный период умерло 42 больных. При этом выявлена наибольшая смертность в группе пожилого и старческого возраста от 42% в группе 60–74 г. до 54,5% в группе старше 75 лет, что, по литературным данным, связано с тенденцией к распространению травматического некроза в глубокие слои белого вещества и контузионных очагах больших полушарий и возникновению множественных геморагий, в том числе объемного характера. Другой важный фактор, влияющий на исход, – характер клинических проявлений тяжелых ушибов мозга. При остром развитии стволовых расстройств после операции выжило 36%, при подостром течении болезни и проведении операции к концу первой недели число выживших больных увеличивается до 49%.

**Ключевые слова:** ушиб, давление, размозжение, травма, головной мозг

## SURGICAL TREATMENT FOR BRAIN BRAIN

<sup>1,2</sup>Zhaparov T.S., <sup>1</sup>Turgunbaev B.Zh., <sup>3</sup>Eraaliev B.A.

<sup>1</sup>Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev, Bishkek;

<sup>2</sup>National Hospital of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek;

<sup>3</sup>Kyrgyz State Medical Institute for Retraining and Advanced Studies, Bishkek

The article analyzes the data of surgical interventions in 148 patients with lesions of bruises and brain lesions, which arose by the type of blows and antitumors, with intracranial hematomas, operated in the neurotrauma Department. The defeat of the two frontal lobes were present in 15 patients. Bruised foci in both frontal lobes arose on the mechanism of direct impact. Unilateral crushing of frontal and temporal lobes was found in 32 patients. Lesions of two temporal lobes were noted in 4 patients. In 21 patients, crushing of the brain substance was observed during surgery to remove the impressionable portion of the skull bones. 42 patients died in the postoperative period. At the same time revealed the highest mortality rate in the group of elderly and senile age from 42% in the group between 60-74 g. to 54.5% in the group older than 75 years, which, according to the literature, associated with a tendency to the spread of traumatic necrosis in the deep layers of white matter and contusion – tion foci in the cerebral hemispheres and the occurrence of multiple hemorrhages, including the volumetric nature. Another important factor influencing the outcome is the nature of clinical manifestations of severe brain contusions. In the acute development of stem disorders after surgery survived 36%, in the subacute course of the disease and surgery by the end of the first week, the number of survivors increases to 49%.

**Keywords:** injury, compression, crushing injury, brain injury

По данным научной периодической печати черепно-мозговая травма (ЧМТ) находится на первых местах как один из наиболее распространенных видов повреждений и в целом по структуре травматизма ЧМТ составляет около 40%. А между тем частота ЧМТ варьирует от 1,6 до 7,2 случаев на 1 000 населения в год [1–3]. Также ЧМТ является одной из ведущих причин, приводящих к инвалидизации и смертности среди лиц до 40–50 лет. В сравнительном аспекте инвалидность в США после ЧМТ приближается к 3 млн чел., тогда как в РФ это количество составляет более 2 млн чел. Доля пациентов с сотрясением головного мозга составляет более 1/2 от числа всех боль-

ных с ЧМТ, а с ушибами головного мозга приближается к 25–30%, а у 15–20% обнаруживаются посттравматические внутримозговые гематомы [4, 5]. В центральные нейрохирургические клиники г. Москвы в год поступают около 4–4,5 тысяч больных с различными степенями тяжести с ушибами головного мозга, а количество больных со сдавливанием головного мозга с посттравматическими гематомами составляет более 2000 пациентов и хирургическое лечение оказывается примерно 1000 пациентов с ЧМТ. А между тем у большей половины больных с ЧМТ выявляются различные последствия, от функциональных до грубых неврологических расстройств. В литерату-

ре встречаются мнения о том, что при тяжелых ушибах головного мозга исходом является минимального сознания, также приводящего к развитию болезней Альцгеймера и Паркинсона. Частота встречаемости в общей популяции – на первом году жизни после ЧМТ риск развития эпилептического статуса возрастает в 12 раз. У пациентов, перенесших ушиб головного мозга средней и тяжелой степени, посттравматический эпилептический статус выявлен в 13% случаев [6–8].

Попытки решения улучшенных, современных методов хирургического лечения больных с ушибами головного мозга связан с высокой летальностью (50–60%) [1, 8, 9] и необходимостью контроля за степенью повреждения мозга, его отеком и набуханием, нарушением кровообращения и внутричерепным давлением [10, 11].

По механизму повреждений головного мозга черепно-мозговые травмы можно разделить на первичную и вторичную. К первичным относятся повреждения, полученные вследствие воздействия травмы на костную систему черепа, на оболочки и ткани головного мозга, на ликворную систему и на сосудистую систему мозга. При этом наблюдаются нарушения структуры глиальных клеток и нейронов, происходят синаптические разрывы, вследствие тромбоза сосудов головного мозга идет нарушение целостности сосудистой стенки. Впоследствии идет уменьшение доступа АТФ и нарушается проницаемость «мембранной помпы», которые ведут к цитотоксическому отеку или к гибели клеток. Первичные порождения – это ушиб ствола мозга, очаги ушибов, аксональные и сосудистые поражения головного мозга. При этом формируется перифокальная зона вокруг очага, при этом клетки становятся очень чувствительными к изменениям в потреблении кислорода и питательных субстратов.

Второй тип повреждения – вторичные или же ишемические повреждения головного мозга. При этом реакция на первичное повреждение переходит в патологическую цепочку. Она носит эволюционный характер воспалительной реакции и направлена на повреждение структуры клеток и одновременно имеет нейропротекторную характеристику.

При этом после травмы головного мозга усиливается метаболизм нейронов, а это ведет к истощению АТФ, нарушается функция транспорта кальция, повышается проницаемость клеточных мембран для кальция, идет выход кальция из внутриклеточного пространства, что ведет к нарушению по-

лярности нервных окончаний и выбросу глутамата. Она в свою очередь ведет к нарушению проницаемости мембран нейронов и эндотелия сосудистой стенки капилляров. При этом глутамат активизирует постсинаптические образования, усиливается количество ионов натрия в клетках идет нарушения полярности, что в свою очередь влечет большое поступление через каналы ионов кальция. Оно (перегрузка кальцием) ведет к нарушению целостности клетки, вследствие активации фосфолипаз, нуклеаз и протеаз.

Материал исследования: работа основана на данных анализа оперативных вмешательств у 148 больных с очагами ушибов и размозжений, возникших по типу ударов и противоударов, с внутричерепными гематомами, оперированных в отделении нейроотравмы Национального госпиталя Министерства здравоохранения Кыргызской Республики в 2015–2016 гг.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В подавляющем большинстве (126 человек) пострадавшие к моменту оперативного вмешательства находились в состоянии комы, глубокого сопора. Поражение двух лобных долей имелось у 15 больных. Ушибленные очаги в обеих лобных долях возникали по механизму прямого удара. Односторонние размозжения лобной и височной долей обнаружены у 32 больных. Поражения двух височных долей отмечены у 4 больных. У 21 больного размозжение вещества головного мозга было отмечено во время операции по удалению импрессионного участка костей черепа. В послеоперационный период умерло 42 больных. В подавляющем большинстве ушибленные очаги лобно-височных отделов сопровождались множественными кровоизлияниями. Формирование субдуральных и интрацеребральных гематом в противоположность эпидуральным обычно наблюдалось при противоударном механизме поражения. Особенности хирургического вмешательства на контузионном очаге описаны многими авторами [12–14].

Опыт показал, что вмешательство в зоне ушиба-размозжения полушария большого мозга не всегда должно ограничиваться удалением локальных или распространенных кровоизлияний, а также отмыванием мозгового детрита. Последний вид манипуляций на контузионном очаге в настоящее время можно оценивать как попытку хирургического лечения при ушибах полушарий большого мозга с минимальными терапевтическими возможностями.

Наличие детрита – один из морфологических показателей необратимых изменений в контузионном очаге. Сама же структура последнего является многокомпонентной, испытывающей закономерные фазовые изменения во времени и пространстве.

Хирургическое лечение больных с ушибами мозга должно основываться на стремлении врача к более раннему и по возможности более радикальному удалению всех нежизнеспособных тканей в зоне массивного контузионного очага. При этом должен соблюдаться принцип физиологической дозволенности и наименьшей травматизации неповрежденной нервной ткани при операции.

Реализация указанного положения в хирургии больных с ушибами полушарий большого мозга преследует цель не только предупредить формирование или устранение дислокационного височнотенториального или аксиального смещения ствола мозга и таким образом сохранить жизнь больного. Существует не менее важный аспект проблемы, заключающийся в обеспечении в посттравматическом периоде благоприятных предпосылок для социальной и трудовой реабилитации пострадавших, сохранения их личности, восстановления нарушенных функций. Эта сторона проблемы, базирующаяся на принципе раннего и адекватного вмешательства на очаге ушиба-размозжения полушарий большого мозга, учитывает прежде всего необходимость предупредить возникновение или формирование размягчения мозга. Она предусматривает своеобразную «хирургическую защиту» неповрежденных или необратимо поврежденных участков мозга в пограничной перифокальной зоне контузионных очагов. После удаления обширных зон ушибов-размозжений полюсно-базальных отделов полушарий мозга нецелесообразно оставлять часть поврежденных мозговых оболочек. Замечено, что остатки мягких мозговых оболочек, особенно при большой зоне поражения тканей мозга, лучше устранить, так как они могут явиться источником формирования грубого мозгового и оболочечно-мозгового рубца, в этом можно было убедиться при проведении операции по поводу эпилепсии в поздний период после травмы.

Удаление остатков мозговых оболочек в таких случаях, наряду с аспирацией контузионных, необратимых изменений мозга, можно считать, таким образом, одним из важнейших профилактических противоэпилептических мероприятий.

У пострадавших, находящихся в коматозном состоянии, при бурно формирующемся дислокационном синдроме ведущим оперативным подходом, решающим

одновременно диагностические и хирургические задачи, является подвисочная декомпрессивная краниотомия. Выполнение подобного вмешательства с двух сторон обеспечивает обнаружение и удаление внутрочерепных объемных образований травматического генеза. Подвисочная резекционная краниотомия, проведенная в максимальном объеме, позволяет обнаружить очаги ушиба-размозжения, гематомы не только височной, но и лобной доли и осуществить ее удаление. В случаях, когда наблюдались изолированные или преимущественно противоударные поражения лобных долей при незначительном поражении височной доли, обоснованно дополнить операцию наложением фрезевых отверстий с последующим их расширением. Наиболее полноценные условия как для визуальной, так и инструментальной функциональной диагностики состояния мозга, а следовательно, и для радикального оперативного вмешательства обеспечиваются костнопластической трепанацией черепа. Особенно успешны такие операции у больных в состоянии сопора, оглушения, а иногда и умеренной комы при подострых и хронических гематомах, при наличии данных КТ головного мозга, МЯРТ головного мозга. Наши наблюдения, а также данные литературных источников [4, 8, 13] дают основания предполагать целесообразность дооперационного планирования декомпрессивных костнопластических трепанаций.

На исходы хирургического лечения внутрочерепных гематом существенное влияние оказывает возрастной фактор (таблица).

Анализ полученных результатов о степени нарушения сознания показал, что чем глубже расстройства сознания, тем тяжелее повреждение мозга. При ушибах головного мозга средней степени тяжести нарушение сознания было по типу оглушения у 12 (5,2%) больных, а при ушибах головного мозга тяжелой степени оглушение наблюдалось у 2 (1%) больных, сопор у 17 (7,4%) пострадавших, кома – у 19 (8,3%).

Необходимо отметить, что глубина нарушения сознания у больных с черепно-мозговой травмой, сочетанной с переломами длинных костей конечностей, при поступлении в стационар зависела и от воздействия повреждений локомоторного аппарата. Это наглядно показала динамика состояния 7 (3,1%) больных с нарушением сознания по типу комы, сопора, поступивших в состоянии травматического шока II–III степени. После проведения противошоковой терапии и нормализации гемодинамических показателей у них улучшилась динамика сознания до оглушения.

Результаты хирургического лечения ушибов головного мозга  
в различных возрастных группах

Возраст	КГТГ		Резекционная трепанация		Фрезевое отверстие		Всего	
	выписан	умер	выписан	умер	выписан	умер	выписан	умер
14–18	–	–	8	3	2	–	10	3
19–44	4	1	24	8	12	8	36	17
45–59	2	–	18	6	2	1	22	7
60–74	5	–	19	8	–	–	24	8
75 и >	2	–	11	6	1	1	14	7
Итого:	13	1	80	31	17	10	106	42

Следует отметить, что интерпретация неврологической симптоматики у поступивших больных с сочетанной черепно-мозговой травмой затруднялась из-за сопутствующего алкогольного опьянения. У 72 (31,4%) наблюдали общемозговые и очаговые симптомы повреждения центральной нервной системы в зависимости от количества алкоголя в организме. В данных случаях неврологический статус оценивали после проведения дезинтоксикационной терапии.

Проведенные нами исследования показали, что клиника травматического шока у 24 (10,5%) больных данной категории имела свои особенности: эректильная фаза удлинялась во времени, артериальное давление было выше нормы, наблюдалась брадикардия, шок протекал на фоне нарушения сознания и функции дыхания. Несмотря на проведение интенсивной противошоковой терапии, у 10 (4,4%) пострадавших при превалировании черепно-мозговой травмы наблюдали нарастающую анизокарию, джексоновские и общие клонические судороги, брадикардию и углубление нарушения сознания.

Нарушение сознания, снижение критики, двигательное возбуждение у 27 (11,8%) больных с сочетанной черепно-мозговой травмой затрудняли диагностику повреждения локомоторного аппарата, а переломы конечностей в свою очередь у 29 (12,7%) больных способствовали маскировке, а иногда и симулировали парезы.

У 36 (15,7%) больных с множественной сочетанной травмой значительно усугублялось общее состояние в связи с развитием синдрома «взаимного отягощения». При этом наблюдали нарастающую тахикардию, повышение температуры тела, патологическое дыхание, приводящее к гипоксии головного мозга, и психомоторное возбуждение.

Тяжелая черепно-мозговая травма, сочетанная с переломами длинных костей

конечностей, явилась причиной контрактур суставов у 15 (6,6%) пострадавших в результате длительной дискоординации движений, что повлияло на общий исход лечения больных данной категории.

Своевременное выявление особенностей течения черепно-мозговой травмы, сочетанной с переломами длинных костей конечностей, требует от медицинских работников глубокого клинического мышления, анализа исследований, обобщения опыта в лечении пострадавших, предвидения возможных осложнений.

#### Заключение

Наибольшая смертность в группе пожилого и старческого возраста: от 42% в группе 60–74 г. до 54,5% в группе старше 75 лет, что, по литературным данным, связано с тенденцией к распространению травматического некроза в глубокие слои белого вещества и контузионных очагах больших полушарий и возникновению множественных геморрагий, в том числе объемного характера. Другой важный фактор, влияющий на исход – характер клинических проявлений тяжелых ушибов мозга. При остром развитии стволовых расстройств после операции выжило 36%, при подостром течении болезни и проведении операции к концу первой недели число выживших больных увеличивается до 49%.

#### Список литературы

1. Талыпов А.Э., Петриков С.С., Пурас Ю.В., Солодов А.А., Титова Ю.В. Лечение ушибов головного мозга // Медицинский совет. 2013. № 4. С. 82–91.
2. Быковников Л.Д. Дифференциальное хирургическое лечение ушибов большого мозга // Вопросы нейрохирургии. 1981. № 3. С. 7–12.
3. Мамытов М.М., Эстемесов К.З., Сатиев С.С. Зависимость исходов тяжелой черепно-мозговой травмы от объема лечения больных на догоспитальном этапе // Хирургия Кыргызстана. 2012. № 1. С. 4–7.
4. Borczuk P. Predictors of intracranial injury in patients with mild head trauma. Ann. Emerg. Med. 2015. № 25. P. 731–736.

5. Servade F., Nanni A., Nasi M.T. Evolving brain lesions in the first 12 hours after head injury: dydlysis of 35 comatose patients. *Neurosurgery*. 1995. № 37. P. 899–906, discussion P. 907–907.
6. Быковников Л.Д. Тактика хирурга при сочетании внутричерепных гематом с контузионными очагами больших полушарий головного мозга // *Вестник хирургии*. 2011. № 3. С. 73–77.
7. Lui H.M., Tu Y.K., Su C.T. Changes of brainstem and perimesen cephalic astern: dinamic predictor of outcome in severe head injury. *J. Trauma*. 1995. № 38. P. 330–333.
8. Лебедев В.В., Кравчук А.Д. Об объеме хирургических вмешательств при тяжелой черепно-мозговой травме // *Вопросы нейрохирургии*. 2013. № 2. С. 24–29.
9. Мамытов М.М., Оморов Т.М. Клиника, диагностика и лечение черепно-мозговой травмы. Фрунзе, 2010. С. 34–35.
10. Касумова С.Ю. Динамика морфологических изменений при очаговых и диффузных повреждениях головного мозга // *Травмы центральной нервной системы*. Одесса, 2011. С. 52–54.
11. Ромадоновский П.О. Биомеханика первичных повреждений головного мозга при черепно-мозговой травме // *Судмедэкспертиза*. 2014. № 1. С. 6–9.
12. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме / Под рук. А.Н. Коновалова, Л.Б. Лихтермана, А.А. Потапова. М., 2017. 542 с.
13. Лихтерман Л.Б., Корниенко В.П., Потапов А.А. Черепномозговая травма: прогноз течения и исходов. М.: Книга ЛТД, 2013. 298 с.
14. Мамытов М.М., Оморов Т.М. Современные аспекты клиники, диагностики, лечения черепно-мозговой травмы. Бишкек, 2012. С. 25–27.

УДК 612.867.4

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЗАПАХА ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ НА САМОЧУВСТВИЕ, АКТИВНОСТЬ И НАСТРОЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Ингель Ф.И., Бударина О.В., Ахальцева Л.В., Юдин С.М.

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

Наличие постороннего запаха в воздухе района проживания может влиять на эмоциональную сферу, утомляемость и прочие особенности состояния здоровья населения, причем связанный с запахом и субъективно оцениваемый уровень раздражительности может существенно снижать качество жизни. До 70% жалоб населения на состояние окружающей среды составляют жалобы на наличие запаха. За рубежом практикуются опросы населения, проживающего в районах функционирования предприятий – источников запаха, направленные на анализ изменений эмоционального состояния. Однако эти исследования длительны, дороги и не всегда эффективны. Вместе с тем разработаны подходы, позволяющие проводить подобные исследования в лаборатории с использованием стандартизованного оборудования, позволяющего моделировать различные уровни запаха, характеристики которого определяют специально обученные эксперты. Цель настоящей работы – определение возможности изучения влияния запаха выбросов предприятий пищевой промышленности для установления приемлемых, не вызывающих «раздражения» и/или ощущения «навязчивости» уровней запаха в воздухе при оценке их влияния на самочувствие, активность и настроение человека. Исследование с участием 10 экспертов, предварительно прошедших психологическое тестирование для оценки степени выраженности стресса, проводили на ольфактометре ЕСОМА Т08. Влияние запаха на самочувствие, активность и настроение экспертов определяли с использованием опросника САН. Результаты работы показали, что опросник САН информативен и достаточен для оценки изменений самочувствия, активности и настроения экспертов в ольфактометрическом исследовании. Однако полученные данные не позволяют однозначно определить, какая именно сила запаха вызвала большие изменения показателей САН – пороговый или максимально достижимый уровень. Для ответа на этот вопрос необходимо провести обследование населения или значительно увеличить группу экспертов.

**Ключевые слова:** запах предприятий пищевой промышленности, ольфакто-одориметрические исследования, опросник САН

## IMPACT OF ODOUR EMISSIONS ON HUMAN OVERALL HEALTH, ACTIVITY AND MOOD

Ingel F.I., Budarina O.V., Akhaltseva L.V., 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: info@sysin.ru

Presence of external smell in the air of residence area can affect the emotional sphere; induce fatigue and/or other negative changes in inhabitants' mood and state of health. The subjectively assessed level of odour annoyance can reduce the quality of life. Up to 70% of the population's complaints about the state of the environment are complaints to the presence of smell. Abroad, among the population living in areas where an enterprises being sources of odour are located and operates – a questioning, aimed at analyzing changes in emotional state are conducted. However, these studies are long-term, expensive and not always effective. At the same time, an experimental approaches allowing carry out such studies in the laboratory using standardized equipment have been developed. These methods allow modeling different levels of odour, which characteristics are determined by specially trained experts. The purpose of this work is to determine the possibility of studying the influence of odour emissions of food industry enterprises to establish acceptable, not causing «annoyance» and/or feeling «obsession» levels of odour in the air when assessing their impact on health, activity and mood. A study with the participation of 10 experts, who had previously undergone psychological testing to identify the level of stress expression, was carried out in experimental conditions on the ECOMA T08 olfactometer. The influence of odour on the health, activity and mood of the experts was determined using the standard questionnaire «Health, Activity, Mood» (HAM). The results of the study showed that the influence of the odour threshold and the maximum achievable odour level on experts, determined by the HAM questionnaire, was different. However, the obtained data do not allow conclude unambiguously what kind of odour force caused large changes in the HAM – threshold or maximum achievable level. In order to answer this question, it is necessary to conduct a population survey or significantly increase the group of experts.

**Keywords:** the smell of the food industry, olfacto-odorimetric study, «Health, Activity, Mood» questionnaire

Работа промышленных предприятий часто сопровождается выбросами в атмосферный воздух сложных многокомпонентных смесей химических соединений, имеющих специфический запах. Навязчивое действие любого запаха (приятного или неприятного) нередко вызывает жалобы населения, про-

живающего в районе размещения предприятий, в том числе на различные нарушения со стороны здоровья (общее недомогание, головная боль, кашель, одышка, раздражение слизистой верхних дыхательных путей и глаз и т.д.) [1–4]. Известно также, что наличие запаха в районе проживания может

неблагоприятно сказываться на настроении людей, вызывать повышенную раздражительность, эмоциональное напряжение и даже депрессию, а также увеличивать утомляемость и рассеянность, причем субъективно оцениваемый уровень раздражительности запахами является сильным негативным фактором, снижающим качество жизни [3].

По мнению некоторых исследователей, существует опосредованная связь соматических жалоб человека с уровнем воздействия запаха через развитие чувства «раздражения (annoiance)» [4]. Поэтому за рубежом проводится множество исследований по изучению изменений эмоционального состояния человека в условиях воздействия запаха различного характера и силы, однако в основном они сконцентрированы на анализе результатов опросов населения, проживающего в районах размещения предприятий – источников запаха, проведенных для оценки одного показателя – уровня «раздражения» [2, 5]. Однако проведение массовых опросов населения для установления приемлемых (не вызывающих «раздражения») уровней запаха, не всегда оправданно как из-за высокой стоимости и длительности проведения исследований, так и из-за сложностей работы с населением [1, 6].

Вместе с тем разработаны подходы для проведения подобных исследований в лаборатории с участием специально обученных экспертов, работающих на ольфактометрическом оборудовании, позволяющем моделировать различные уровни запаха [7].

Цель настоящей работы – определение возможности изучения влияния запаха выбросов предприятий пищевой промышленности на самочувствие, активность и настроение человека для установления приемлемых – не вызывающих «раздражения» и/или ощущения «навязчивости» уровней запаха в воздухе.

#### Материалы и методы исследования

Исследования характеристик запаха (порогов определения, силы) осуществляли на динамическом ольфактометре ЕСОМА Т08 (Германия). Принцип работы прибора заключается в том, что проба исследуемого вещества, смеси либо атмосферных выбросов предприятия, собранная в специальный налофановый мешок непосредственно на месте этих выбросов, подается к ольфактометру, снабженному системой прецизионного разбавления этой пробы чистым воздухом. Разбавленная проба поступает к нюхательному порту ольфактометра для оценки экспертами. Работа экспертов начинается с предъявления им неощутимых концентраций изучаемого вещества или смеси, что достигается путем первоначально максимального разбавления исследуемой пробы выбросов чистым воздухом. Каждое последующее 2-кратное повышение концентраций обеспечивается

автоматическим 2-кратным уменьшением разведения очередной порции исследуемой пробы.

В данной работе для ольфакто-одориметрической оценки использована проба вентиляционных выбросов производственного корпуса предприятия по производству жевательной резинки, представляющая смесь различных ароматизаторов, применяемых в производстве. Проба была отобрана в мешок из налофана объемом 10 л.

В изучении эффектов запаха принимали участие 10 экспертов (8 женщин и 2 мужчин) 23–63 лет, обученных работе на ольфактометре. До начала работы эксперты получили следующее разъяснение относительно регламента работы:

- исследование будет проводиться дважды с интервалом в 2–3 ч;

- в ходе работы экспертам будут подаваться 2 серии разведений (концентраций) исходной пробы: первая серия начинается с неощутимых и заканчивается пороговой концентрацией смеси летучих компонентов ароматизаторов (пороговой является концентрация, ощущаемая половиной группы экспертов); вторая серия – с неощутимых до максимально достижимых концентраций, т.е. до последнего 2-кратного разведения исходной пробы;

- при каждом ощущении запаха эксперт должен нажать кнопку «да, есть запах» и тут же отметить в протоколе интенсивность ощущаемого запаха по шкале от 1 до 5 баллов.

Участие экспертов в исследованиях происходит при гарантии безопасности для их здоровья, которая обеспечивается невозможностью превышения ПДК, установленных с учетом токсичности и опасности веществ, порогов их острого, раздражающего, хронического действия.

Для проверки гипотезы о возможной связи ощущения запаха с эмоциональным состоянием все эксперты были проанкетированы с помощью стандартных психологических опросников, определяющих степень социальной адаптации [8], степень выраженности тревоги [9] и переутомления [10], а также характер межличностных отношений [11] и качество жизни [12]. Анкетирование проводили в соответствии с Хельсинкской декларацией об этических принципах медицинских исследований с соблюдением принципа конфиденциальности получаемой информации, обеспечением права человека отказаться от участия в работе, информированием об использовании получаемой информации. До начала анкетирования каждый эксперт подписал информированное согласие на участие в работе.

Для контроля изменений в состоянии экспертов, возникших в процессе работы, использовали опросник САН [13], позволяющий определить изменения самочувствия, активности, настроения человека после окончания работы (тренировки и пр.) по сравнению с состоянием до их начала. Опросник САН все эксперты заполняли трижды: до начала исследования – точка «0», после проведения первой повторности точка «1» и после проведения 2-й повторности – точка «2».

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием стандартного пакета программ Statistica 10.2. Принимая во внимание характеристики распределений и небольшую численность группы экспертов, анализ корреляций проводили с использованием непараметрического критерия Спирмена.

### Результаты исследования и их обсуждение

Предварительное анкетирование продемонстрировало, что ни один из экспертов не имел показателей, которые свидетельствовали бы о выраженном неблагополучии в эмоциональной сфере или о каких-либо серьезных изменениях состояния здоровья.

Анализ корреляций не выявил связи между полом экспертов и результатами, полученными по опроснику САН, а также между полом и результатами определения запаха, может быть, из-за того, что в группе было всего двое мужчин. В то же время показатели самочувствия и активности экспертов в конце работы (точка САН «2») идентично коррелировали с возрастом ( $r = 0,714$ ;  $p \leq 0,05$  и  $r = 0,76$ ;  $p \leq 0,05$  соответственно).

Результаты оценки индивидуального восприятия запаха показаны в табл. 1.

По разнице значений показателей с данными, полученными до начала анкетирования, удалось проанализировать изменения, возникшие у экспертов в результате работы на ольфактометре (табл. 2 и 3).

Как видно из табл. 2, после первого ольфакторного воздействия улучшение самочувствия и настроения отметила половина группы экспертов, повышение активности – 30% группы, причем это улучшение чаще всего наблюдалось у молодых добровольцев. В то же время ухудшение самочувствия и настроения наблюдалось в среднем в 40%

случаев, снижение активности – в 60% случаев и преимущественно у экспертов старшего возраста.

Сравнение результатов первого и второго ольфакторного воздействия (табл. 3) показало, что улучшение состояния экспертов обнаруживалось только в 30% случаев и уже не было непосредственно связано с возрастом. При этом ухудшение самочувствия наблюдалось в 40% случаев, снижение активности – в 50%, а ухудшение настроения – в 60% случаев.

Приступая к обсуждению результатов исследования, прежде всего, следует отметить, что методология подхода для изучения связи между эмоциональным состоянием человека, подвергающегося воздействию запаха, и характеристиками этого запаха разработана в данном исследовании впервые. Само исследование также проведено впервые. Поэтому в работе принимали участие всего 10 экспертов разного пола и возраста, значительно различавшиеся по индивидуальной чувствительности к запаху и по тенденции изменения чувствительности от первого ко второму ольфакторному воздействию. За несколько дней до исследования все эксперты прошли обучение работе на ольфактометре с использованием модельного запаха.

Результаты работы показали, что при первом ольфакторном воздействии никто из экспертов не отметил раздражения от запаха, во время повторного воздействия положительно на этот вопрос ответила поло-

Таблица 1

Особенности индивидуального восприятия запаха

Эксперт	Возраст (лет)	Индивидуальный порог запаха, мг/м <sup>3</sup>		Тенденция изменения чувствительности (категории)	Восприятие интенсивности запаха, баллы		Кол-во ответов «+» о раздражающем запахе	
		1	2		1	2	1	2
1	45	0,007	0,001	4	3	5	0	0
2	44	0,003	0,002	3	2	5	0	1
3	55	0,007	0,007	1	4	5	0	2
4	56	0,007	0,007	1	1	4	0	0
5	63	0,001	0,001	1	1	5	0	0
6	23	0,007	0,007	1	2	4	0	0
7	50	0,007	0,001	4	1	4	0	2
8	32	0,002	0,014	2	3	4	0	2
9	60	0,007	0,014	2	2	4	0	0
10	26	0,003	0,007	2	2	5	0	1

Примечание. 1 – после первого ольфакторного воздействия; 2 – после второго ольфакторного воздействия. Категории для определения тенденции чувствительности к запаху от первого ко второму ольфакторному воздействию: 1 – без изменения; 2 – снижение индивидуального порога запаха; 3 – повышение индивидуального порога запаха менее чем в 5 раз; 4 – повышение индивидуального порога запаха в 5 и более раз.

вина группы, что, так же как и отмеченное экспертами восприятие запаха как более интенсивного, может объясняться не только знанием о более высокой концентрации веществ во второй части работы, но и изменением восприятия интенсивности запаха при повторном его предъявлении.

Следует отметить, что в нашем исследовании первое предъявление малых концентраций смеси пахучих соединений в 40–60% случаев приводило к улучшению состояния экспертов, в то время как повторное воздействие либо увеличение уровня запаха заметно снижало эти положительные эффекты.

Восприятие запаха (индивидуальный порог, интенсивность и оценка запаха как раздражающего) оказалось связанным с активностью и настроением экспертов корреляционными зависимостями. Так, до начала работы активность экспертов была прямо ассоциирована с тенденцией изменения чувствительности к запаху во время всей работы ( $r = 0,779$ ;  $p \leq 0,05$ ), однако в ходе работы эта связь стала незначимой. Во время второго воздействия восприятие интенсивности запаха обратно коррелировало с самочувствием ( $r = -0,648$ ;  $p \leq 0,05$ ), а индивидуальный порог запаха – с активностью ( $r = 0,696$ ;  $p \leq 0,05$ ).

**Таблица 2**

Показатели самочувствия, активности и настроения экспертов до, во время и после окончания работы

Эксперт	САН «0»			САН «1»			САН «2»		
	С	А	Н	С	А	Н	С	А	Н
1	56	57	58	54	49	56	53	51	59
2	56	59	55	57	50	55	51	48	54
3	53	47	49	53	51	51	53	51	49
4	50	48	52	51	54	55	54	49	59
5	58	52	56	57	55	56	56	55	57
6	36	44	35	39	50	43	37	47	41
7	45	48	43	46	46	42	49	50	41
8	49	41	49	51	49	53	46	42	52
9	57	52	50	56	52	51	54	49	51
10	52	44	60	51	44	58	53	46	56

Примечание. С – самочувствие; А – активность; Н – настроение; САН «0» – до начала работы; САН «1» – после первого ольфакторного воздействия; САН «2» – после второго ольфакторного воздействия.

**Таблица 3**

Изменения самочувствия, активности и настроения экспертов в динамике работы

Эксперт	САН 1 по сравнению с САН «0»			САН 2 по сравнению с САН «0»			САН 2 по сравнению с САН «1»		
	С	А	Н	С	А	Н	С	А	Н
1	-2	-7	-9	-3	-6	2	-1	2	3
2	1	-6	-5	-5	-11	-5	-6	-2	-1
3	0	-2	2	0	4	2	0	0	-2
4	1	4	2	4	1	11	3	-5	4
5	-1	-3	-1	-2	3	5	-1	0	1
6	3	14	15	1	3	-3	-2	-3	-2
7	1	1	3	4	2	-7	3	4	-1
8	2	0	0	-3	1	11	-5	-7	-1
9	-1	-5	2	-3	-3	-1	-2	-3	0
10	-1	-8	-16	1	2	12	2	2	-2

Примечание. Положительные значения соответствуют восстановлению сил, улучшению самочувствия, активности и/или настроения, отрицательные – ухудшению состояния.

Самочувствие, активность и настроение экспертов до начала работы оказывали влияние на последующее восприятие наличия и интенсивности запаха, а также величину индивидуального порога восприятия. Так, после экспозиции к пороговому уровню запаха во время первого фрагмента работы у 5 экспертов отмечено улучшение самочувствия и настроения, а у четверых из них – повышение активности. В то же время, у двоих добровольцев показатели САН не изменились, у четверых – ухудшилось самочувствие и настроение, у шестерых – снизилась активность. После воздействия максимально достижимого уровня запаха во втором ольфакторном воздействии улучшение самочувствия по сравнению с исходным состоянием было отмечено у 4 экспертов, повышение активности у 7, а улучшение настроения – у 6 экспертов. По сравнению с восприятием порогового запаха улучшение показателей САН продемонстрировали только 3 эксперта, причем по всем показателям. При этом ухудшение самочувствия отметили 6 экспертов, снижение активности – 5, а ухудшение настроения – 6 экспертов. То есть влияние порогового и максимально достижимого уровня запаха на экспертов, определенное по показателям САН, было разным, что не только подтверждает корректность формирования группы экспертов, в состав которой были включены люди с различной чувствительностью, но и доказывает возможность влияния запаха на самочувствие, активность и настроение человека.

Результаты корреляционного анализа выявили обратные корреляции между тенденцией изменения чувствительности от 1-го ко 2-му воздействию и активностью экспертов во 2-й его части ( $r = -0,73$ ;  $p \leq 0,05$ ). Порог восприятия запаха был тем выше, чем меньше влиял запах на активность эксперта. Аналогично, интенсивность запаха воспринималась как более низкая, если активность эксперта мало снижалась в первой части работы. Индивидуальное восприятие интенсивности запаха обратно коррелировало с изменением настроения после 2-го воздействия ( $r = -0,74$ ;  $p \leq 0,05$ ). Связи между исходным эмоциональным состоянием экспертов, определенным с помощью стандартных шкал, и влиянием запаха обнаружить не удалось, что, возможно, объясняется небольшой численностью группы.

### Заключение

Данное исследование не имеет аналогов в мировой литературе. Его результаты показали, что опросник САН информативен и достаточен для оценки изменений, про-

исходящих в состоянии здоровья и эмоциональной сфере экспертов в ольфактометрическом исследовании. Вероятно, опросник САН может быть информативен и при работе экспертов вблизи предприятия – источника запаха. Вместе с тем при изучении механизмов влияния запаха на эмоциональный статус человека для получения более надежных данных необходимо сочетание исследований с применением ольфактометра с проведением близкого по дизайну обследования жителей населенного пункта, в котором расположено предприятие – источник запаха.

### Список литературы

1. Пинигин М.А., Бударина О.В., Сафулин А.А. Развитие основ нормирования и контроля запахов в атмосферном воздухе и пути гармонизации в этой области // Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 72–75.
2. Sucker K., Both R., Winneke G. Review of adverse health effects of odours in field studies. *Water Sci. Technol.* 2009. № 59. P. 1281–1289.
3. Horton R.A., Wing S., Marshall S.W., Brownley K.A. Malodor as a trigger of stress and negative mood in neighbors of industrial hog operations. *Am. J. Public Health.* 2009. № 99. P. 610–615.
4. Odours and Human Health. Environmental Public Health Science Unit, Health Protection Branch, Public Health and Compliance Division, Alberta Health, Edmonton. Alberta. 2017. URL: <https://open.alberta.ca/dataset/04b23f8e-ec11-48bb-b69c-2625ab6a2a08/resource/b87aeb58-f1f7-4c70-a07e-6440f0b1d613/download/Odours-and-Human-Health-2017-FINAL.pdf> (дата обращения: 24.08.2018).
5. Claeson A.S., Liden E., Nordin M., Nordin S. The role of perceived pollution and health risk perception in annoyance and health symptoms: a population-based study of odorous air pollution. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* 2013. № 86. P. 367–374.
6. Brancher M., De Melo Lisboa H. Odour impact assessment by community survey. *Chemical Engineering Transactions.* 2014. № 40. P. 139–144.
7. Бударина О.В. Современные методические подходы к экспериментальному обоснованию допустимого содержания в атмосферном воздухе веществ, обладающих запахом // Токсикологический вестник. 2017. № 4. С. 34–39.
8. Ograczyk-Piotrowska A., Gerlicz-Kowalczyk Z., Pietrzak A., Zalewska-Janowska A.M. Stress, itch and quality of life in chronic urticaria females. *Postepy Dermatol Alergol.* 2018. v. 35. № 2. P. 156–160.
9. Будкевич Р.О., Будкевич Е.В. Тревожность, самооценка сна, кортизол и антиоксидантная активность слюны у студентов при эпизодической сменной работе // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2018. Т. 118. № 4–2. С. 21–25.
10. Ингель Ф.И., Кривцова Е.К., Юрченко В.В., Силицына Е.Р., Макарова А.С. Сравнительный анализ эмоционального состояния студентов разных специальностей одного высшего учебного заведения // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1216–1225.
11. Estevez-Lopez. FIndependent and combined association of overall physical fitness and subjective well-being with fibromyalgia severity: the al-Andalus project. *Qual Life Res.* 2015. v. 24. № 8. P. 1865–1873.
12. Александрова Л.А. Субъективная витальность как личностный ресурс // Психологические исследования: электронный научный журнал. 2011. Т. 17. № 3. URL: <http://psystudy.ru/num/2011n3-17/492-aleksandrova17.html> (дата обращения: 24.08.2018).
13. Барканова О.В. Методики диагностики эмоциональной сферы: психологический практикум // Библиотека актуальной психологии. Вып. 2 Красноярск: Литера-принт, 2009. 237 с.

УДК 572.512.4-053.5 (574.54)

## ОСОБЕННОСТИ ВЕСО-РОСТОВЫХ СООТНОШЕНИЙ У ШКОЛЬНИКОВ ПРИАРАЛЬЯ

**Лим Л.В., Боранбаева Р.З., Кожанов В.В., Абсатарова К., Сайдильдаева Ж.А.**

*Научный центр педиатрии и детской хирургии, Алматы, e-mail: lim.mila@mail.ru*

Экологическая катастрофа в Приаралье признана одной из глобальных экологических проблем современности. С целью изучения особенностей физического развития школьников Аральского региона нами обследовано 989 школьников Приаралья. Контрольную группу составили дети, не проживающие в зоне экологического неблагополучия, в количестве 935. По результатам центильной оценки определено достоверное нарушение весо-ростовых соотношений, являющееся следствием неудовлетворительных социально-бытовых условий на фоне экологического неблагополучия. Увеличение числа низкорослых мальчиков, с достоверным подтверждением в возрастной группе 14-17 лет было у 23,0% детей ( $p < 0,05$ ) и числа мальчиков с высоким ростом (14,5%). Низкорослость у девочек подтверждена уже с 10-летнего возраста ( $p < 0,05$ ). Масса тела имела тенденцию к понижению у 32,9% мальчиков и у 26,1% девочек и была повышена у 20,5% и 6,7% соответственно ( $p < 0,05$ ). При том зарегистрированное отсутствие достоверных различий по длине тела между сравниваемыми группами, определяемое методом сигмальной оценки, было ошибочным. Сравнение коэффициентов корреляции между длиной и массой тела у мальчиков основной и контрольной групп указывало на гармоничность ростовых процессов, у девочек Приаралья – о разбалансировке весо-ростовых взаимоотношений ( $p < 0,05$ ).

**Ключевые слова:** школьники, Приаралье, экология, физическое развитие, масса тела, длина, окружность грудной клетки, индекс массы тела

## PECULIARITIES OF WEIGHT-GROWTH RATIOS IN SCHOOLCHILDREN OF THE ARAL SEA AREA

**Lim L.V., Boranbaeva R.Z., Kozhanov V.V., Absatarova K., Saydildaeva Zh.A.**

*Scientific Center of Pediatrics and Pediatric Surgery, Almaty, e-mail: lim.mila@mail.ru*

Ecological catastrophe in the Aral Sea is recognized as one of the global environmental problems of our time. To study the peculiarities of the physical development of schoolchildren in the Aral region, we examined 989 schoolchildren of the Aral region. The control group consisted of children not belonging to the zone of ecological trouble, in the amount of 935. Based on the results of the centile evaluation, a reliable violation of the weight-growth ratios was determined, which is a consequence of unsatisfactory social and living conditions against the background of environmental ill-being. The increase in the number of undersized boys, with reliable confirmation in the age group of 14-17 years was in 23.0% of children ( $p < 0.05$ ) and the number of boys with high growth (14.5%). Low growth in girls has been confirmed since the age of 10 ( $p < 0.05$ ). Body weight tended to decrease in 32.9% of boys and in 26.1% of girls and was increased in 20.5% and 6.7%, respectively ( $p < 0.05$ ). At the same time, the recorded absence of significant difference in body length between the compared groups determined by the sigma estimation method was erroneous. Comparison of the correlation coefficients between length and body weight in the boys of the primary and control groups indicated the harmony of the growth processes, in the girls of the Aral region – about the imbalance of weight-growth relationships ( $p < 0.05$ ).

**Keywords:** schoolchildren, of the Aral Sea area, ecology, physical development, body weight, length, chest circumference, body mass index

Проблемы влияния средового окружения на здоровье человека являются одной из приоритетных задач экологической политики государств во всех регионах проживания населения. Как известно, обмеление Аральского моря и связанная с этим экологическая катастрофа признана одной из глобальных экологических проблем современности [1–4]. Высыхание моря повлекло за собой аридизацию, изменение климата, засоление почвы, нарушение водоснабжения населения. Кроме того, следует отметить, что экологическое бедствие данного региона сочеталось с развалом экономики в республиках бывшего СССР и, в частности, в Приаралье, где по данным ряда авторов отмечалось снижение уровня и качества

жизни, бедность, рост безработицы, миграция населения [1–3].

Общеизвестно, что физическое развитие (ФР), наряду с показателями рождаемости, заболеваемости и смертности является одной из важнейших интегративных характеристик, определяющих уровень здоровья населения, чутко реагирующих на воздействие социально-гигиенических и экологических факторов окружающей среды, и его уровень служит объективным критерием происходящих изменений в детском организме [5–7]. Это адаптивный индикатор здоровья подрастающего поколения, и поэтому необходимо его динамическое мониторирование, особенно в проблемных зонах проживания [7–9].

При этом следует иметь в виду, что результаты исследования ФР детей в экологически неблагоприятных зонах проживания могут быть правильно интерпретированы лишь в сопоставлении с аналогичными результатами, установленными в контрольных регионах, где, по возможности, исключены действующие экологические факторы, присущие региону обследования.

Цель исследования: охарактеризовать состояние ФР детей Аральского региона и выявить особенности взаимоотношений между его основными соматометрическими параметрами в сопоставлении с контролем.

### Материалы и методы исследования

Общепринято, что ФР оценивается по совокупности трех основных между собой показателей: длина тела (ДТ), масса тела (МТ) и окружность грудной клетки (ОГК). Однако в последнее время, с целью упрощения оценки ФР, главное внимание уделяется величине и соответствию первых двух параметров, исключая ОГК, четко коррелирующей с МТ, по существу не несущей дополнительной информации.

Объектом исследования были дети и подростки в возрасте 6–17 лет, проживающие в Приаральском регионе Кызылординской области и в сельских районах, не входящих в зону экологического неблагополучия Чимкентской, Карагандинской и Актюбинской областей. Всего было 1924 ребенка: из них 989 составили основную группу и 935 детей из контрольного региона, что отвечало принципу рандомизации. Число обследованных обеспечивало достаточную репрезентативность, позволяющую экстраполировать полученные данные на всю детскую популяцию обследованных регионов.

Группировка обследованных детей осуществлялась по возрастному и половому признакам, установление возраста достигалось определением разницы между датой рождения и датой обследования. В каждую возрастную группу включались дети, достигшие на момент осмотра возраста, попадающего в интервал  $\pm 6$  месяцев от имеющегося календарного значения.

Показатели ФР детей, такие как длина и масса тела, изучали по общепринятой унифицированной

антропометрической методике с использованием стандартного инструментария.

Полученные данные обрабатывались вариационно-статистическим методом с вычислением основных параметров вариационного ряда: средней арифметической ( $M$ ), среднего квадратичного отклонения ( $\delta$ ), ошибки средней арифметической ( $m$ ), коэффициента корреляции ( $r$ ), коэффициента вариации ( $CV$ ) [10]. Кроме того, использовался центильный метод распределения случаев в вариационном ряду с учетом 3, 5, 15, 50, 85, 95, 97 процентилей. Для вычисления веса/роста/возрастных показателей использовались соответствующие рекомендации ВОЗ.

### Результаты исследования и их обсуждение

Как известно, основополагающим параметром, характеризующим ФР, является длина тела, которая отличается своей стабильностью и малой подверженностью изменяющимся условиям внешней среды.

Из представленных табл. 1 и 2 следует, что средние возрастно-половые значения длины тела у детей Приаралья мало отличались от таковых в контрольной группе, и зарегистрированные достоверные различия в возрасте 8, 12, 14 лет у мальчиков и 11, 14, 15 лет у девочек свидетельствовали, скорее всего, о неравномерности течения пубертатных процессов из различных зон проживания. Тем более, что при сравнении в обеих группах наблюдения дефинитивные показатели длины тела не имели достоверных различий. Аналогичная картина вырисовывается и в отношении показателей массы тела, где достоверные различия между основной и контрольной группой регистрируются у мальчиков в возрасте 11 и 13 лет, оставаясь идентичными в других возрастных группах. В свою очередь, у девочек следует констатировать наличие отставания по массе тела в старших возрастных группах (9, 16, 17 лет), когда формирование девочек как взрослых индивидуумов уже заканчивается.

Таблица 1

Показатели соматометрии у мальчиков в исследуемых регионах

Возраст (годы)	Приаралье						Контроль					
	n	M	$\delta$	m	CV	r	n	M	$\delta$	m	CV	r
Длина тела (см)												
6	58	114,9	6,0	0,79	5,2	–	30	115,3	4,3	0,80	3,7*	–
7	53	119,3	5,5	0,76	4,6	–	28	118,9	3,7	0,70	3,1*	–
8	52	125,1	6,1	0,84	4,9	–	47	127,6*	6,3	0,92	4,9	–
9	33	131,3	6,4	1,12	4,9	–	42	131,3	5,1	0,78	3,9	–
10	47	135,6	7,3	1,07	5,4	–	33	135,8	6,2	1,03	4,6	–
11	35	140,0	6,9	1,17	4,9	–	30	139,8	4,8	0,87	3,4	–
12	39	144,9	7,4	1,20	5,1	–	37	150,9*	9,6	1,60	6,4	–
13	35	151,5	9,4	1,59	6,2	–	38	151,1	8,6	1,38	5,7	–

Окончание табл. 1												
Приаралье							Контроль					
Возраст (годы)	n	M	δ	m	CV	r	n	M	δ	m	CV	r
14	30	155,4	9,6	1,74	6,2	–	43	160,0*	7,6	1,26	4,8	–
15	30	165,4	8,4	1,55	5,1	–	46	166,3	7,2	1,07	4,3	–
16	36	170,2	8,1	1,35	4,8	–	32	170,5	6,0	1,05	3,5	–
17	35	172,9	8,6	1,46	5,0	–	42	172,4	6,2	0,95	3,6	–
Масса тела (кг)												
6	58	20,6	4,1	0,54	19,9	0,70	30	21,5	3,5	0,65	16,2	0,63
7	53	23,9	5,4	0,73	18,4	0,55	28	22,9	3,7	0,70	16,1	0,57
8	52	26,5	5,6	0,78	21,1	0,63	47	26,4	4,6	0,67	17,4	0,63
9	33	29,1	7,3	1,27	25,1	0,79	42	28,8	4,5	0,69	16,2*	0,60
10	47	31,1	7,2	1,06	23,2	0,70	33	30,9	6,9	1,21	22,3	0,60
11	35	37,2	9,0	1,53	24,2	0,60	30	33,2*	6,9	1,25	20,8	0,62
12	39	37,2	8,9	1,44	23,9	0,77	37	37,9	7,7	1,28	20,3	0,75
13	35	45,7	9,9	1,60	21,7	0,62	38	40,6*	8,6	1,31	19,7	0,80
14	30	49,0	9,7	1,78	19,8	0,73	43	42,5	8,7	1,45	18,3	0,62
15	30	52,7	9,3	1,72	17,6	0,64	46	53,0	8,5	1,25	16,0	0,63
16	36	56,1	12,4	2,06	21,3	0,76	32	58,0	8,4	1,50	14,6*	0,60
17	35	58,0	7,7	0,64	16,7	0,71	42	58,7	8,2	1,26	14,0	0,72

Примечание. \* Выделены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между сравниваемыми показателями в группах.

Таблица 2

Показатели соматометрии у девочек в исследуемых регионах

Приаралье							Контроль					
Возраст (годы)	n	M	δ	m	CV	r	n	M	δ	m	CV	r
Длина тела (см)												
6	38	113,3	5,7	0,93	5,0	–	39	113,1	6,5	1,05	5,7	–
7	40	118,6	6,9	1,10	5,8	–	43	118,7	6,5	1,00	5,4	–
8	48	122,0	7,7	1,12	6,9	–	41	124,6	6,0	0,93	4,8	–
9	47	128,7	7,1	1,04	5,5	–	30	131,9	7,5	1,39	5,7	–
10	43	137,5	8,8	1,35	6,4	–	42	136,7	6,7	1,05	4,9	–
11	47	140,3	9,1	1,34	6,5	–	37	144,7*	7,4	1,24	5,1	–
12	39	149,6	7,1	1,15	4,8	–	38	149,3	7,5	1,21	5,0	–
13	43	151,8	7,4	1,14	4,9	–	38	155,1	7,9	1,80	5,1	–
14	38	155,8	7,5	1,23	4,8	–	53	158,9*	5,0	0,70	3,2*	–
15	45	156,9	6,3	0,94	4,0	–	49	160,0*	5,5	0,78	3,4	–
16	41	158,3	6,8	1,06	4,3	–	41	160,7	5,8	0,80	3,6	–
17	37	158,3	6,8	1,13	4,3	–	36	160,8	6,3	1,05	3,9	–
Масса тела (кг)												
6	38	19,6	4,5	0,72	23,0	0,50	39	20,2	4,5	0,72	22,2	0,76
7	40	22,1	4,2	0,67	19,0	0,79	43	21,7	3,8	0,58	17,5	0,73
8	48	22,9	4,3	0,62	18,8	0,73	41	23,8	4,3	0,68	18,1	0,61
9	47	26,1	5,1	0,75	19,6	0,70	30	28,9*	5,9	1,08	20,4	0,78
10	43	32,6	8,8	0,25	23,0	0,62	42	31,9	7,5	1,17	23,5	0,63
11	47	34,8	7,8	1,15	22,4	0,53	37	35,9	6,9	1,15	19,2	0,81
12	39	39,5	8,3	1,34	21,0	0,56	38	39,1	8,4	1,32	21,8	0,78
13	43	43,6	8,8	1,35	20,2	0,67	38	44,1	8,7	1,43	19,7	0,62
14	38	47,2	10,1	1,36	21,4	0,44	53	50,7	8,3	1,29	17,6	0,37
15	45	50,4	9,4	1,40	18,7	0,35	49	52,8	8,4	1,24	15,9	0,38
16	41	50,4	9,1	1,42	18,1	0,35	41	54,8*	7,6	1,18	13,9	0,25
17	37	49,9	8,2	1,34	16,4	0,25	36	54,0*	6,9	1,15	17,8	0,44

Примечание. \* Выделены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между сравниваемыми показателями в группах.

Таблица 3

Величина индекса массы тела (кг/м<sup>2</sup>) у детей в исследуемых регионах

Возраст (годы)	Приаралье					Контроль				
	n	M	δ	m	CV	n	M	δ	m	CV
Мальчики										
6	58	15,7	2,3	0,30	14,6	30	15,6	2,8	0,40	14,1
7	53	16,8	2,3	0,31	13,7	28	15,6*	1,9	0,36	12,1
8	52	16,8	2,7	0,36	16,1	47	16,1	2,1	0,31	13,0
9	33	17,5	2,5	0,44	14,3	42	16,0*	1,9	0,29	11,9
10	47	16,8	2,6	0,38	15,5	33	16,4	2,3	0,40	14,0
11	35	19,1	2,9	0,49	15,2	30	17,0*	2,3	0,42	13,5
12	39	17,6	3,0	0,48	17,0	37	17,1	2,1	0,35	12,3*
13	35	19,8	3,4	0,58	17,2	38	17,2*	2,0	0,32	11,6*
14	30	20,1	3,8	0,69	18,9	43	18,4*	2,7	0,40	14,7
15	30	19,3	3,2	0,58	16,6	46	19,2	2,7	0,40	14,0
16	36	18,6	3,6	0,60	19,1	32	19,7	2,5	0,44	12,6*
17	35	19,4	3,2	0,54	16,5	42	19,6	1,9	0,29	9,7*
Девочки										
6	38	15,4	2,3	0,38	14,9	39	15,7	2,4	0,39	15,2
7	40	16,0	2,0	0,32	12,5	43	15,4*	1,6	0,21	10,4
8	48	14,7	2,2	0,35	14,8	41	15,0	2,0	0,31	13,3
9	47	15,2	2,1	0,31	13,8	30	16,1	2,2	0,40	13,7
10	43	17,0	3,8	0,58	22,4	42	16,4	3,0	0,47	18,3
11	47	17,2	3,4	0,50	19,8	37	16,9	2,3	0,38	13,6*
12	39	17,2	3,2	0,52	18,6	38	17,0	2,9	0,48	17,1
13	43	18,9	3,2	0,49	16,9	38	17,8	3,0	0,49	16,9
14	38	19,5	3,9	0,64	20,0	33	20,3	3,4	0,47	16,7
15	45	20,6	3,7	0,53	18,0	49	20,6	3,0	0,43	14,5
16	41	20,2	3,3	0,51	16,3	41	21,3	3,0	0,45	14,1
17	37	19,5	2,9	0,48	14,9	36	21,0*	2,7	0,46	12,8

Примечание. \*Выделены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между сравниваемыми показателями в группах.

Также следует указать, что при сравнении коэффициентов корреляции между длиной и массой тела у мальчиков в обеих группах они колебались в пределах 0,55–0,80, указывая на гармоничность ростовых процессов. У девочек этот показатель начиная с 14 лет резко снижался и регистрировался на уровне 0,25–0,44 как в основной, так и в контрольной группах. Последнее свидетельствовало о разбалансировке весо-ростовых взаимоотношений у школьниц в старшем возрасте.

Для того чтобы окончательно судить о взаимоотношении массы и длины тела между собой, мы использовали общепризнанный индекс Кетле, расчет которого в наблюдаемых группах детей представлен в табл. 3.

Как видно из табл. 3, значения ИМТ аналогично другим показателям увеличивались с возрастом детей. Сравнение показателей ИМТ у мальчиков свидетельствовало о его превалировании у детей Приаралья в возрасте до 15 лет, после чего они уравнива-

лись и регистрировались в пределах 18,8–19,7 кг/м<sup>2</sup>. В отличие от мальчиков, у девочек ИМТ был практически идентичен у детей из обеих групп наблюдения во всех возрастах, за исключением конечного изучаемого возраста, где он достоверно уступал таковому в контрольной группе ( $p < 0,05$ ).

Продолжая оценку изучаемых параметров ФР, нельзя не обратить внимание на величину коэффициента вариации в сравниваемых группах, где определяется четкая тенденция к его увеличению у детей Приаралья по сравнению с контролем.

Причем в большей степени это относится к мальчикам, где оно подтверждалось достоверно ( $p < 0,05$ ) для показателей длины тела в возрасте 6, 7, 17 лет, массы тела в возрасте 12, 13, 16, 17 лет. В то время как в группе девочек Приаралья достоверное увеличение коэффициента вариации отмечалось лишь в отношении длины тела в возрасте 14 лет.

Следует напомнить, что коэффициент вариации является мерой рассеяния вариан-

тов дисперсии признака, т.е. изменчивости, не зависящей от единиц измерения. И основным недостатком метода сигмальной оценки является факт отсутствия варьирования показателей ФР в популяции по нормальному (равномерному) распределению относительно средней арифметической.

Следовательно, метод сигнальной оценки не подходит для асимметричных распределений вариантов в вариационном ряду. В данном аспекте наиболее приемлем метод процентильной оценки распределения случаев, на которую не повлияют аномальные значения признака, размер выборки и соответственно, сама асимметрия изучаемого вариационного ряда [10].

Для проведения процентильного анализа была проведена возрастная перегруппировка детей исходя из показателей ИМТ в контроле, а следовательно, и достижение увеличения числа детей в возрастно-половых группах. По длине и массе определялись центильные отрезки 3; 15; 50; 85; 97, по ИМТ, учитывая исторически сложившиеся особенности оценки индексов и показателей гемодинамики, за конечные отрезные точки использовали 5 и 95 процентиля.

Полученные данные по числу детей исходя из процентильной оценки показателей длины, массы тела и ИМТ в контрольной группе представлены в табл. 4–6.

**Таблица 4**

Распределение (в %) детей в исследуемых регионах по показателю «длина тела/возраст»

Процентильная градация	Возрастная группировка							
	6–9 лет		10–13 лет		14–17 лет		Всего	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Мальчики (Приаралье)</b>								
< P <sub>3</sub>	18	3,2	6	3,8	16	12,2*	40	8,3*
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	31	15,8	21	13,5	19	14,5	71	14,7
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	117	59,7	110	70,5	74	50,5*	301	62,3*
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	20	10,2	12	7,7	12	9,2	44	9,1
> P <sub>97</sub>	10	5,1	7	9,5	10	7,6	27	5,6*
Всего	196	100,0	156	100,0	131	100,0	489	100,0
<b>Мальчики (контроль)</b>								
< P <sub>3</sub>	4	2,7	4	2,9	5	3,1	13	2,9
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	20	13,6	19	13,8	20	12,3	59	13,2
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	100	68,0	97	70,2	116	71,2	313	69,8
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	20	13,6	14	10,2	18	11,0	52	11,6
> P <sub>97</sub>	3	2,0	4	2,9	4	2,4	11	2,5
Всего	147	100,0	138	100,0	163	100,0	448	100,0
<b>Девочки (Приаралье)</b>								
< P <sub>3</sub>	7	4,0	15	8,7	20	12,4	42	8,3*
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	27	15,6	28	16,3	33	20,5	88	17,4*
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	128	74,0	100	58,1	95	59,0	323	63,8*
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	6	3,5	24	14,0	9	5,6	39	7,7
> P <sub>97</sub>	5	2,9	5	2,9	4	2,5	14	2,8
Всего	173	100,0	172	100,0	161	100,0	506	100,0
<b>Девочки (контроль)</b>								
< P <sub>3</sub>	4	2,6	4	2,6	6	3,4	14	2,9
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	18	11,7	22	14,2	23	12,8	63	12,9
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	113	73,9	109	70,3	125	69,9	347	71,2
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	13	8,5	16	10,3	21	11,7	50	10,3
> P <sub>97</sub>	5	3,3	4	2,6	4	2,2	13	2,7
Всего	153	100,0	155	100,0	179	100,0	487	100,0

Примечание. \*Выделены достоверные (p < 0,05) различия между сравниваемыми группами.

Таблица 5

Распределение (в %) детей в исследуемых регионах по показателю «масса тела/возраст»

Процентильная градация	Возрастная группировка							
	6–9 лет		10–13 лет		14–17 лет		Всего	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Мальчики (Приаралье)								
< P <sub>3</sub>	14	7,1	2	1,3	15	11,5*	31	6,4*
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	32	16,3	15	9,6	15	11,5	62	12,8
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	115	58,7*	105	67,3	74	56,5*	294	60,9*
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	23	11,8	25	16,0	18	13,7	66	13,7
> P <sub>97</sub>	12	6,1	9	5,8	9	6,8	30	6,2*
Всего	196	100,0	156	100,0	131	100,0	483	100,0
Мальчики (контроль)								
< P <sub>3</sub>	5	3,4	3	2,2	4	2,4	12	2,7
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	16	10,9	18	13,0	23	14,1	57	12,7
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	106	72,1	98	71,0	109	60,9	313	69,9
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	16	10,9	15	10,9	22	13,5	53	11,8
> P <sub>97</sub>	4	2,7	4	2,9	5	3,1	13	2,9
Всего	147	100,0	138	100,0	163	100,0	448	100,0
Девочки (Приаралье)								
< P <sub>3</sub>	6	3,5	13	7,5	15	9,3*	34	6,7*
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	36	20,8*	24	14,0	38	23,6*	98	19,4*
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	108	62,4	113	65,7	96	59,6*	317	62,7*
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	13	7,5	12	7,0	9	5,6*	34	6,7*
> P <sub>97</sub>	10	5,6	10	5,8	3	1,9	23	4,5
Всего	173	100,0	172	100,0	161	100,0	506	100,0
Девочки (контроль)								
< P <sub>3</sub>	5	3,3	4	2,6	5	2,8	14	2,9
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	17	11,1	21	13,6	23	12,9	61	12,5
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	109	71,2	109	70,3	126	70,4	344	70,6
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	16	10,5	16	10,9	21	11,7	53	10,9
> P <sub>97</sub>	6	3,9	5	3,2	4	2,2	15	3,1
Всего	159	100,0	155	100,0	179	100,0	487	100,0

Примечание.\* Выделены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между сравниваемыми группами.

Анализируя данные, представленные в табл. 4, и сопоставляя их с данными, представленными в табл. 1 и 2, становится очевидным, что зарегистрированное ранее отсутствие достоверных различий по длине тела между сравниваемыми группами, определяемое методом сигмальной оценки, является довольно поверхностным. Из представленных в табл. 4 материалов следует, что как у мальчиков, так и у девочек Приаралья с возрастом увеличивается, относительно контроля, число низкорослых (< P<sub>15</sub>) детей, снижается число детей, имеющих среднюю длину тела (P<sub>15</sub>-P<sub>85</sub>). И наконец, в конечном

итоге в старшей возрастной группе можно констатировать, что средние показатели длины тела у мальчиков складываются из суммы числа детей с очень низкой (< P<sub>3</sub>) длиной тела (12,2% случаев, тогда как в контроле этот показатель 3,1%), сниженным числом детей со средними показателями (P<sub>15</sub>-P<sub>85</sub>), соответственно 50,5% и 71,2% и увеличением числа детей с высоким ростом (>P<sub>97</sub>) соответственно 7,6% и 2,4%. В свою очередь, у девочек по результатам центильной оценки нужно констатировать наличие достоверно четкой тенденции к низкорослости начиная с 10-летнего возраста.

Таблица 6

Распределение (в %) детей в исследуемых регионах по индексу массы тела (показатель «вес/рост»)

Процентильная градация	Возрастная группировка							
	6–9 лет		10–13 лет		14–17 лет		Всего	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Мальчики (Приаралье)								
< P <sub>3</sub>	14	7,1	15	9,6	13	9,9*	42	8,7*
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	29	14,8	17	10,9	20	15,3	66	13,7
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	110	56,1	87	55,8*	68	51,9*	265	54,9*
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	30	15,4	23	14,7	24	18,3	77	15,9
> P <sub>97</sub>	13	6,6	14	9,0	6	4,6	33	6,8*
Всего	196	100,0	156	100,0	131	100,0	483	100,0
Мальчики (контроль)								
< P <sub>3</sub>	7	4,8	7	5,1	6	3,7	20	4,5
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	18	12,2	14	10,2	17	10,4	49	10,9
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	96	65,3	97	70,2	116	71,2	309	69,0
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	20	13,6	15	10,9	18	11,0	53	11,8
> P <sub>97</sub>	6	4,1	5	3,6	6	3,7	17	3,8
Всего	147	100,0	138	100,0	163	100,0	448	100,0
Девочки (Приаралье)								
< P <sub>3</sub>	11	6,4	7	4,0	18	10,2*	36	7,1
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	15	8,7	13	7,6	19	10,8	47	9,3
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	112	64,7	123	71,5	103	64,0	338	66,8
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	28	16,2	18	10,5	16	9,1	62	12,3
> P <sub>97</sub>	7	4,0	11	6,4	5	3,1	23	4,5
Всего	173	100,0	172	100,0	161	100,0	506	100,0
Девочки (контроль)								
< P <sub>3</sub>	7	4,6	8	5,2	9	5,0	24	4,9
P <sub>3</sub> -P <sub>15</sub>	15	9,8	15	9,7	21	11,7	51	10,5
P <sub>15</sub> -P <sub>85</sub>	108	70,6	107	69,0	122	68,2	337	69,2
P <sub>85</sub> -P <sub>97</sub>	17	11,1	18	11,6	19	10,6	54	11,1
> P <sub>97</sub>	6	3,9	7	4,5	8	4,5	21	4,3
Всего	153	100,0	155	100,0	179	100,0	487	100,0

Примечание. \*Выделены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между сравниваемыми группами.

Далее, проводя сравнительный анализ показателя «масса тела / возраст», нужно отметить, что эти половые различия, зарегистрированные у детей Приаральского региона в отношении контроля (табл. 5) по длине тела, сохраняются и применительно к его массе. Так у мальчиков старшей возрастной группы, за счет увеличения числа детей ниже (23,0%) и выше (20,5%) средних (P<sub>15</sub>-P<sub>85</sub>) контрольных показателей, соответственно 16,5% и 16,6%, поддерживается иллюзия стабильности средних результатов. Что касается девочек, то тенденция к низкорослости, отмеченная выше,

имеет свое продолжение в увеличении, по сравнению с контролем, случаев дефицита веса, которые начинают регистрироваться уже с самого раннего изучаемого нами возраста. Сначала в возрасте 6–13 лет масса тела ниже средних контрольных значений регистрировалась в пределах 21,5–24,3% случаев, а в возрастной группе 14–17 лет доля этих детей достигала уже 32,9%, тогда как в контроле ее уровень составил 15,7%, что значительно ( $p < 0,001$ ) отличалось от последней.

Анализ состояния взаимосвязи между массой и длиной тела, т.е. распределение

детей по показателю «вес/рост», которое является основным при выявлении детей с избыточной массой тела ( $P_{86}-P_{95}$ ) и ожирением ( $>P_{95}$ ), а также с пониженной массой тела ( $P_5-P_{15}$ ) и дефицитом массы тела ( $<P_5$ ) (табл. 6), показывает, что у мальчиков Приаралья на первое место выходит снижение случаев определяющих среднюю величину ( $P_{15}-P_{85}$ ). Последнее нашло свое достоверное подтверждение в группе 10–13 и 14–17 лет ( $p < 0,05$ ).

Также следует указать на тенденцию к увеличению числа детей, имеющих показатели выше среднего ( $>P_{85}$ ) по сравнению с контролем. В группе 6–9 лет она составила 22,0%, в группе 10–13 лет – 23,7% и в группе 14–17 лет – 22,9% (соответственно в контроле 17,7; 14,5 и 14,7%). Здесь также надо обратить внимание на то, что в группе детей 10–13 лет это различие было статистически подтверждено ( $p < 0,05$ ), также как и в группе, где суммировались все полученные результаты ( $p < 0,01$ ) – 22,7% против 15,6% в контроле. Та же тенденция определялась и в отношении случаев, находящихся ниже средних контрольных значений, а свое значимое различие ( $p < 0,01$ ) оно зафиксировало в старшей возрастной группе (25,2% против 15,1% в контроле и аналогично 22,4%, 15,4% в обобщающей группе).

Переходя к оценке данного показателя у девочек, прежде всего, следует указать на некоторую тенденцию к уменьшению случаев, относящихся к средним величинам ( $P_{15}-P_{85}$ ) по сравнению с контролем, т.е. на большую вариабельность распределения вариант ИМТ, что и подтверждается данными по величине коэффициента вариации, приведенными в табл. 3, которые были несколько выше контрольных данных.

Резюмируя полученные в ходе исследования ФР детей Приаралья результаты, их сравнение с контрольными данными, нужно отметить, что состояние соматического статуса детей Приаралья далеко от совершенства. Кажущееся благополучие: идентичность показателей соматометрии с более благоприятными по экологической обстановке регионами, регистрируемая положительная динамика основных параметров соматометрии относительно прошлых лет [4], более глубокий подход к трактовке этих показателей свидетельствует о значительных нарушениях и, прежде всего, это весо-ростовые соотношения, которые чаще всего являются следствием неправильного питания. В нашем случае это, прежде всего, касается мальчиков, где регистрировалось значимо большее число случаев ожирения и дефицита массы. У девочек этот процесс

был не столь выражен, но нельзя оставить в стороне факт наличия феномена низкорослости у приаральских школьников. Также нельзя пройти мимо такого явления, как снижение величины коэффициента корреляции между длиной и массой тела у школьников в наблюдаемых регионах до практически неудовлетворительных значений, что, скорее всего, связано со снижением двигательной активности.

Заканчивая подведение итогов проведенного исследования, нужно признать, что при оценке ФР детей следует в обязательном порядке использовать сигмальный, корреляционный и центильный методы оценки полученных результатов. Только в этом случае можно достоверно интерпретировать полученные результаты и дать им справедливую оценку.

### Выводы

1. Метод сигнальной оценки не подходит для асимметричных распределений вариант в вариационном ряду. В данном аспекте наиболее приемлем метод процентильной оценки распределения случаев, на которую не повлияют аномальные значения признака, размер выборки и, соответственно, сама асимметрия изучаемого вариационного ряда.

2. По результатам центильной оценки определено достоверное нарушение весо-ростовых соотношений, являющееся следствием неудовлетворительных социально-бытовых условий на фоне экологического неблагополучия.

3. Увеличение числа низкорослых мальчиков в Приаралье, с достоверным подтверждением в возрастной группе 14–17 лет, было у 23,0% детей ( $p < 0,05$ ) и числа мальчиков с высоким ростом (14,5%). Низкорослость у девочек подтверждена уже с 10-летнего возраста ( $p < 0,05$ ). Масса тела имела тенденцию к понижению у 32,9% мальчиков и у 26,1% девочек и была повышена у 20,5% и 6,7% соответственно ( $p < 0,05$ ).

4. Распределение детей в Приаралье по индексу массы тела (показатель «вес/рост») свидетельствует о достоверном увеличении числа детей, имеющих показатели выше и ниже среднего процентиля ( $P_{15}-P_{85}$ ) по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ).

*Данная работа выполнена в рамках грантового исследования по заказу МЗ РК «Комплексные подходы в управлении состоянием здоровья населения Приаралья» (2014–2016 гг.).*

### Список литературы

1. Терешкевич Д.П. Медико-социальные и эпидемиологические аспекты здоровья населения в зоне экологиче-

ского бедствия Приаралья: дис. ... докт. мед. наук. Москва, 2011. 150 с.

2. Zetterstrom R. Child health and environmental pollution in the Aral Sea region in Kazakhstan. *Acta Paediatrica*. 1999. vol. 88, Suppl. 429. P. 43–54.

3. Sakiev Kanat, Battakova Sharbanu, Namazbaeva Zulkiya, Ibrayeva Lyazat, Otarbayeva Maral Zhanbol Sabirov Neuropsychological state of the population living in the Aral Sea region (zone of ecological crisis). *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 2018. DOI: 10.1080/10773525.2018.1425655.

4. Лим Л.В., Боранбаева Р.З., Ишуова П.К., Кожанов В.В. Характеристика физического развития детей Приаралья // Успехи современного естествознания. 2015. № 6. С. 35–38.

5. Милушкина О.Ю. Физическое развитие и образ жизни современных школьников // Бюллетень Российского государственного медицинского университета. 2013. № 3. С. 68–71.

6. Kunii Osamu, Hashizume Masahiro, Chiba Momoko, Sasaki Satoshi, Shimoda Taeko, Саупил Wathan, Dauletbaev Damir Respiratory Symptoms and Pulmonary Function among

School-Age Children in the Aral Sea Region. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. URL: <http://www.tandfonline.com/loi/vzeh20>. (received 16.08.2018).

7. Arstantenova Mamyrbayev, Dyussembayeva Nailya, Ibrayeva Lyazzat, Satenova Zhanna, Tulyayeva Anara, Kireyeva Nurgul, Zholmukhamedova Dinara, Rybalkina Dina, Yeleuov Galymzhan, Yeleuov Almasbek. Features of Malignancy Prevalence among Children in the Aral Sea Region. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. Vol. 17.17 (12), P. 5217–5221.

8. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сб. мат-лов (выпуск VI). Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. 192 с.

9. Кучма В.Р., Скоблина Н.А., Бокарева Н.А., Милушкина О.Ю. Особенности полового созревания у современных московских школьников // Российский педиатрический журнал. 2012. № 6. С. 44–47.

10. Шеламова М.А., Инсарова Н.И., Лещенко В.Г. Статистический анализ медико-биологических данных с использованием программы EXCEL. учеб.-метод. пособие. Минск: БГМУ, 2010. 96 с.

УДК 615.9:551.464.611.02

## ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ВОД С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕЙТЕРИЯ НА ОРГАНИЗМ ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ

<sup>1</sup>Михайлова Р.И., <sup>2</sup>Беляева Н.Н., <sup>1</sup>Алексеева А.В., <sup>1</sup>Савостикова О.Н.,  
<sup>1</sup>Каменецкая Д.Б., <sup>1</sup>Вострикова М.В., <sup>1</sup>Рыжова И.Н., <sup>1</sup>Демина Н.Н., <sup>1</sup>Кочеткова М.Г.  
<sup>1</sup>ФГБУ «ЦСП» Минздрава России, Москва, e-mail: info@sysin.ru;  
<sup>2</sup>ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Мытищи, e-mail: pesticidi@yandex.ru

В статье представлены результаты исследования, проводимого на беспородных крысах (самцах) в течение 12 месяцев. Животные были разделены на 7 групп по 25 крыс в каждой в зависимости от содержания дейтериевого числа в исследованных водах и в течение 12 месяцев получали питьевую воду с содержанием дейтерия – 10, 30, 60, 90, 145, 250, 1000 ppm. В качестве контроля использовали воду с содержанием дейтерия 145 ppm, соответствующую концентрации дейтерия в московской водопроводной воде. В результате проведенных исследований показано, что через 6 месяцев потребления вод с различным содержанием дейтерия в печени крыс достоверно изменялись показатели числа клеток ретикуло-эндотелиальной сети, индекса альтерации гепатоцитов, числа инфильтратов и высокоплоидных гепатоцитов. Повышение числа высокоплоидных гепатоцитов принято рассматривать как выраженное вредное воздействие, поэтому гепатотоксический эффект у экспериментальных животных отмечен только при потреблении воды, содержащий 1000 ppm дейтерия. Другие статистически значимые изменения показателей на 6 месяцев являются адаптивными. В почке крыс отмечались достоверно выраженные изменения по показателям индекса альтерации ядер эпителиоцитов почечных канальцев и почечных клубочков у крыс, получавших воду с максимальным содержанием дейтерия в 1000 и 250 ppm. Минимальная исследованная концентрация дейтерия 10 ppm приводила к повреждению и деструкции эпителиоцитов почечных канальцев.

**Ключевые слова:** легкая вода, дейтерий, беспородные крысы, хроническое воздействие на организм

## HISTOLOGICAL AND STRUCTURAL-FUNCTIONAL ESTIMATION OF THE ACTION OF WATERS WITH VARIOUS CONTENT OF DEUTERIUM ON THE ORGANISM OF HEAT TREATMENT ANIMALS

<sup>1</sup>Mikhaylova R.I., <sup>2</sup>Belyaeva N.N., <sup>1</sup>Alekseeva A.V., <sup>1</sup>Savostikova O.N.,  
<sup>1</sup>Kamenetskaya D.B., <sup>1</sup>Vostrikova M.V., <sup>1</sup>Ryzhova I.N., <sup>1</sup>Demina N.N., <sup>1</sup>Kochetkova M.G.  
<sup>1</sup>Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: info@sysin.ru;  
<sup>2</sup>FBES FSCH named after F.F. Erisman of the Rosпотребнадзор, Mytischki, e-mail: pesticidi@yandex.ru

The article presents the results of a study conducted on mongrel rats (males) for 12 months. The animals were divided into 7 groups of 25 rats each, depending on the deuterium content in the investigated waters and for 12 months received drinking water with a deuterium content of 10 ppm, 30 ppm, 60 ppm, 90 ppm, 145 ppm, 250 ppm, 1000 ppm. As control, water was used with a deuterium content of 145 ppm corresponding to the deuterium concentration in Moscow tap water. As a result of the conducted studies, it was shown that after 6 months of consumption of waters with different deuterium content in the liver of rats, the indexes of the hepatocyte alteration index, the number of cells of the reticuloendothelial network, the number of infiltrates and high-density hepatocytes significantly changed. Since the increase in the number of high-density hepatocytes corresponds to the pronounced harmful effect – Fel (Belyaeva NN, 2002), it can be assumed that after 6 months of water consumption, the hepatotoxic effect in rats develops only with water consumption containing 1000 ppm of deuterium, while others statistically significant changes in indicators can be considered adaptive. In the kidney of the rats, there were significant changes in the indices of the alteration index of the epitheliocyte nuclei of the renal tubules and renal glomeruli in rats receiving water with a maximum deuterium content of 1000 ppm and 250 ppm. The minimum investigated concentration of deuterium of 10 ppm led to damage and destruction of the epitheliocytes of the renal tubules.

**Keywords:** deuterium depleted water, deuterium, outbred rats, chronic effect on the body

Известно, что природная вода имеет в своем составе в разных соотношениях два стабильных изотопа водорода, против и дейтерий, биологическое действие последнего на организм изучается. Подтверждено, что с изменением содержания дейтерия в организме соответственно изменяется скорость биологических реак-

ций: скорость процессов транскрипции и трансляции, репарационные процессы ДНК, каскадные реакции дыхательной цепи митохондрий, биосинтез [1]. Было показано [2], что вода с пониженным содержанием дейтерия не только не токсична, но и вызывает снижение степени развития лучевых повреждений у экспе-

риментальных животных. Вместе с тем биологическое действие различных концентраций дейтерия в питьевой воде на организм все еще остается недостаточно изученным и вызывает дискуссии [3]. Изотопические эффекты в большинстве работ изучали в острых или подострых экспериментах и не учитывали макро- и микроэлементный состав вод, в которых осуществлялся сдвиг протий/дейтерий. Недостаточно изучено влияние изменения изотопного состава питьевых вод при длительном их потреблении. Поэтому целью настоящего исследования являлась гистологическая, морфофункциональная оценка в динамике действия на организм беспородных белых крыс вод с различным содержанием дейтерия в хроническом эксперименте.

### Материалы и методы исследования

Исследования проводили на 175 белых нелинейных крысах (самцах). Животных содержали в условиях искусственного освещения (12 ч в сутки), постоянного доступа к стандартному комбинированному корму в клетках по 7 животных. Животные находились на свободном запаивании экспериментальными водами. Животные были разделены на 7 групп по 25 крыс в каждой в зависимости от содержания дейтериевого числа в исследованных водах, в течение 6 и 12 месяцев 1-я группа получала воду с содержанием дейтерия 10 ppm. (1 ppm = 1 part per million = 1 mg/kg = 1 mg/l), 2-я – 30 ppm., 3-я – 60 ppm., 4-я – 90 ppm., 5-я – 145 ppm., 6-я – 250 ppm., 7-я – 1000 ppm. Экспериментальные воды, использованные в исследовании, соответствовали высшей категории качества с одинаковым макро- и микроэлементным химическим составом. В качестве контрольных вод использовали воду с содержанием дейтерия 145 ppm., соответствующим концентрации дейтерия в московской водопроводной воде.

Гистологически и морфофункционально исследовались печень и почки крыс при 6- и 12-месячном потреблении питьевой воды с различными концентрациями дейтерия. Для этого после декапитации животных данные органы фиксировались в Лилли, заливались в парафин, резались на микротоме. Депарафинированные срезы окрашивались гематоксилином и эозином. В печени определялось 12 показателей [4]: число клеток РЭС (морфометрически, как среднее число на 10 полей зрения площади среза), индекс альтерации гепатоцитов (ИАГ, определяемый морфометрически как число поврежденных гепатоцитов к общему числу, в %), выраженность гемодинамических сдвигов, жировой дистрофии и диспротеинозов (гистологически, в баллах), число микронекрозов и инфилтратов (гистологически, как среднее число на 10 полей зрения площади среза), доли, занимаемые паренхимой, стромой, инфилтратами и пролифератами (стереометрически, в %), балочную дисконплексаию (гистологически, в баллах), число высокоплоидных гепатоцитов, начиная с октаплоидных ядер (морфометрически, в %). В почке исследовалось 6 показателей: индекс альтерации эпителиоцитов (ИАЭ) почечных канальцев, индекс альтерации почечных

клубочков (ИАП) и число гипертрофированных почечных клубочков (ГПК), (определяемые морфометрически как число поврежденных эпителиоцитов или соответственно почечных клубочков, или гипертрофированных почечных клубочков к общему числу, в %), выраженность гемодинамических сдвигов, инфилтрирования и фиброзирования (гистологически, в баллах).

### Результаты исследования и их обсуждение

В течение хронического двенадцати-месячного периода наблюдения животные имели внешний вид и поведение, соответствующее хорошему общему состоянию. Поведение и состояние животных в опытных группах заметно не отличалось от состояния в контрольной группе. Животные всех групп равномерно прибавляли в массе тела. Статистически достоверных отличий по показателю прироста массы тела в течение всего эксперимента не выявлено. Исследование морфологического состава крови животных, включающего содержание эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов и гематокритной величины в зависимости от состава потребляемой воды не выявило существенных гематологических сдвигов. Все величины исследованных показателей во всех группах животных находились в пределах физиологической нормы.

Сравнение морфофункционального состояния печени экспериментальных животных через 6 месяцев потребления вод с различными дозами дейтерия (табл. 1) показало, что, по сравнению с контрольной группой, где экспериментальные животные получали воду с концентрацией 145 ppm, выраженное гепатотоксическое действие наблюдалось при потреблении воды с содержанием дейтерия в 1000 ppm (7 группа).

Так, увеличивалось число инфилтратов на единицу площади среза с 0,1 до 0,25 и микронекрозов – с 0,05 до 0,34, число высокоплоидных гепатоцитов с 1,1 до 2,6, увеличен индекс альтерации гепатоцитов. Эти изменения отражают выраженный гепатотоксический эффект (FeI). Вероятно, как компенсаторная реакция достоверно возросло и число клеток ретикуло-эндотелиальной системы (РЭС) с 59,2 до 66,5. Наблюдалось увеличение индекса альтерации с 5,3% до 18,5% в 6 группе животных (250 ppm). Более низкие концентрации дейтерия, наоборот, оказывали на печень нормализующее действие. Так, в 1-й и 3-й группах наблюдалась тенденция к снижению ИАГ, и в 2-х группах (1-й и 4-й группах) – достоверно снижено число клеток

РЭС. В группах 1 и 2 наблюдалось достоверное снижение балочной дисконформации. При этом в группах 2 и 4 увеличен индекс альтерации гепатоцитов и достоверно увеличено число инфильтратов на единицу площади. Возможно, данные изменения в этих группах носят случайный характер, так как не просматривается закономерность в характере этих изменений и, скорее всего, она вызвана различной чувствительностью беспородных подопытных животных. Следует также отметить, что, хотя и статистически незначимо, у крыс с 1-й по 7-ю группу обнаружена мелкокапельная жировая дистрофия, отмечаемая не во всех гепатоцитах (табл. 1).

Результаты гистологического исследования печени на 12-м месяце эксперимента показали (табл. 2), что у крыс, получавших воду с различным содержанием дейтерия, отмечены изменения 2-х показателей, достоверно отличающиеся при водопотреблении воды с содержанием дейтерия 1000 ppm (число высокоплоидных гепатоцитов и выраженность жировой дистрофии).

Так достоверно минимально выраженная жировая дистрофия (0,2 балла) у группы экспериментальных животных при потреблении воды с содержанием дейтерия в 1000 ppm объясняется тем, что развившаяся полиплоидия гепатоцитов при высоком содержании дейтерия заменила поврежденные жировой дистрофией клетки. Вместе с тем жировая дистрофия достоверно устойчиво повышена в группах животных, потреблявших воду с 30 по 250 ppm.

По сравнению с контрольной 5-й группой в 7 группе животных, потреблявших воду с 1000 ppm, достоверно повышены гемодинамические сдвиги и число высокоплоидных гепатоцитов. Так как показано, что повышение числа высокоплоидных гепатоцитов указывает на выраженное вредное действие (Н.Н. Беляева, 1997, 2002), то в данном эксперименте гепатотоксический эффект у крыс проявляется только при потреблении воды, содержащей 1000 ppm дейтерия. У животных 7-й группы достоверно увеличено число высокоплоидных гепатоцитов, что еще раз подтверждает, что содержание в воде дейтерия в 1000 ppm приводит к явно выраженному гепатотоксическому эффекту. Таким образом, выраженное патологическое действие на печень отмечено для воды с содержанием дейтерия на уровне 1000 ppm. А если учитывать минимальное число крыс с гемодинамическими сдвигами, то оптимальное содержание

дейтерия в воде установлено в диапазоне 60–145 ppm.

Результаты исследований по оценке влияния различных концентраций дейтерия в воде на морфофункциональные показатели почек животных представлены в табл. 3, 4. Их сравнение, так же как и для показателей печени, проведено с 5-й группой, то есть с животными, потребляющими воду с естественным содержанием дейтерия (145 ppm).

При сравнении структурно-функциональных показателей состояния почек экспериментальных животных, получавших воду с низким и повышенным содержанием дейтерия, с группой получавших воду с природным содержанием дейтерия (5-я группа) отмечено ухудшение исследованных показателей у животных 7-й группы, характеризующееся достоверным повышением индекса альтерации (ИА) ядер почечных канальцев и ИА почечных клубочков. У животных, потреблявших воду с концентрацией дейтерия 250 ppm, так же достоверно повышался индекс альтерации почечных клубочков. Однако концентрация дейтерия на уровне 90 ppm тоже вызвала достоверные изменения – повышение ИА ядер эпителиоцитов почечных канальцев.

Сравнение состояния почек животных, после годового потребления вод с различным содержанием дейтерия, с аналогичными показателями у животных 5-й группы (табл. 4) показало, что достоверно повышается индекс альтерации (ИА) ядер почечных канальцев в группе животных, потреблявших воду с концентрацией дейтерия 250 ppm и 1000 ppm. Также при содержании дейтерия в воде на уровне 10 ppm развивается достоверное повышение ИА почечных клубочков, что отличается от результатов полученных другими авторами [5, 6], подчеркивающими, что вода с пониженным содержанием дейтерия не оказывает в физиологических условиях токсического действия на организм лабораторных животных. Но существуют также и работы [7], где безопасность постоянного применения легкой воды ставится под сомнение.

В группах животных, получавших воду с содержанием дейтерия в воде в 60 и 90 ppm, отмечено наименьшее повреждение по показателю ИА почечных клубочков. По всей видимости данное содержание дейтерия является для почек оптимальным, так как в этих группах ИА почечных клубочков является достоверно минимальным даже по отношению к контрольной группе.

**Таблица 1**  
Структурно-функциональные показатели печени крыс, получавших воды, содержащие различные концентрации дейтерия (6 месяцев), (M ± m)

Показатели	10 ppm (1 гр.)	30 ppm (2 гр.)	60 ppm (3 гр.)	90 ppm (4 гр.)	145 ppm (5 гр.)	250 ppm (6 гр.)	1000 ppm (7 гр.)
ИАГ (в %)	9 ± 2,6	<b>11 ± 0,8*</b>	8 ± 1,7	<b>11,6 ± 1,5*</b>	5,3 ± 0,8	<b>9,8 ± 2,2*</b>	<b>18,5 ± 5,3*</b>
Число клеток РЭС	<b>52,4 ± 1,5*</b>	58 ± 2,6	60,5 ± 5	<b>51,2 ± 0,89**</b>	59 ± 0,4	60,5 ± 2,5	<b>66,5 ± 1,96*</b>
Выраженность гемодинамических сдвигов	0,8 ± 0,35	1,3 ± 0,28	1 ± 0	1 ± 0,2	1 ± 0	1 ± 0	<b>1,5 ± 0,28*</b>
Выраженность жировой дистрофии (балл)	0,5 ± 0,24	0,62 ± 0,28	0,37 ± 0,28	0,2 ± 0,11	0,25 ± 0,14	0,25 ± 0,14	0,37 ± 0,28
Выраженность диспротеиозов (балл)	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Число микронекрозов на ед. площади среза	0,08 ± 0,04	0,1 ± 0,05	0,2 ± 0,1	0,26 ± 0,09	0,05 ± 0,04	0,13 ± 0,11	<b>0,34 ± 0,16**</b>
Число инфилтратов на ед. площади среза	0,04 ± 0,02	0,2 ± 0,04	0,05 ± 0,05	0,2 ± 0,05	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,08	<b>0,25 ± 0,05*</b>
Доля паренхимы (%)	95,2 ± 0,6	93,8 ± 1,3	95,5 ± 0,3	95,6 ± 0,6	95,3 ± 1,4	96,4 ± 0,8	95 ± 0,6
Доля стромы (%)	2,4 ± 0,4	2,8 ± 0,6	2,5 ± 0,3	2 ± 0,4	2 ± 0,6	2,3 ± 0,6	2,5 ± 0,3
Доля инфилтратов и пролифератов (%)	2,4 ± 0,4	3,4 ± 0,6	2 ± 0	2,2 ± 0,4	2,7 ± 0,8	1,3 ± 0,3	2,5 ± 0,3
Балочная дискомплексация (балл)	<b>0,4 ± 0,18*</b>	<b>0 ± 0**</b>	1 ± 0,6	1,2 ± 0,18	1 ± 0,6	1 ± 0,6	1,3 ± 0,29
Число высокополидных гепатоцитов (%)	1,06 ± 0,32	0,62 ± 0,29	0,9 ± 0,3	1,7 ± 0,11	1,1 ± 0,5	1,7 ± 0,5	<b>2,6 ± 0,36*</b>

Пр и м е ч а н и е . \* – достоверность по отношению к 5-й группе, P < 0,05; \*\* – достоверность по отношению к 5-й группе, P < 0,001.

**Таблица 2**  
Структурно-функциональные показатели печени крыс, получавших в течение года воды, содержащие различные концентрации дейтерия, (M ± m)

Показатели	10 ppm (1 гр.)	30 ppm (2 гр.)	60 ppm (3 гр.)	90 ppm (4 гр.)	145 ppm (5 гр.)	250 ppm (6 гр.)	1000 ppm (7 гр.)
ИАГ (в %)	16,2 ± 2,8	9,8 ± 0,9	12,3 ± 3,2	13,7 ± 3,9	10,2 ± 3	10,2 ± 3,5	17,3 ± 3,2
Число клеток РЭС	57 ± 2,7	55,2 ± 3,7	58,3 ± 1,6	56,2 ± 2,1	57,3 ± 2,1	55,8 ± 0,9	59,6 ± 3,5
Выраженность гемодинамических сдвигов	1,2 ± 0,35	1 ± 0	0,8 ± 0,18	1 ± 0,35	0,8 ± 0,18	1,2 ± 0,18	1,3 ± 0,18
Число крыс (в %) с гемодинамическим сдвигами	100	100	83,3	83,3	83,3	100	100
Выраженность жировой дистрофии (балл)	0,4 ± 0,08	0,7 ± 0,09	1 ± 0,18	1,4 ± 0,44	0,6 ± 0,08	1 ± 0,26	<b>0,2 ± 0,09*</b>
Число микронекрозов на ед. площади среза	0,3 ± 0,05	0,2 ± 0,05	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,19	0,3 ± 0,23	0,2 ± 0,09	0,35 ± 0,14
Число инфилтратов на ед. площади среза	0,1 ± 0,07	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,2 ± 0,1	0,03 ± 0,02	0,1 ± 0,05
Доля паренхимы (%)	95,9 ± 0,1	96,8 ± 0,9	96,8 ± 0,53	94,8 ± 1,2	95,3 ± 1,6	96,5 ± 0,7	94,3 ± 1,4
Доля стромы (%)	1,8 ± 0,53	1,6 ± 0,35	1,7 ± 0,35	3 ± 0,7	2,1 ± 0,6	2,1 ± 0,6	2,5 ± 0,53
Доля инфилтратов и пролифератов (%)	2,3 ± 0,35	1,6 ± 0,35	1,5 ± 0,18	2,2 ± 0,53	2,6 ± 0,97	1,4 ± 0,3	3,2 ± 0,9
Балочная дискомплексация (балл)	1 ± 0	1,2 ± 0,18	1,3 ± 0,18	1,2 ± 0,35	1,3 ± 0,18	1 ± 0,35	1,5 ± 0,18
Число высокополидных гепатоцитов (%)	1,1 ± 0,32	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,23	1,5 ± 0,37	0,9 ± 0,1	1 ± 0,07	<b>1,8 ± 0,19*</b>

Пр и м е ч а н и е . \* – достоверность по отношению к 5-й группе, P < 0,05.

Таблица 3

Структурно-функциональные показатели почек животных, получавших воды с различным содержанием дейтерия (6 месяцев), (М ± м)

Показатели	10 ppm (1 гр.)	30 ppm (2 гр.)	60 ppm (3 гр.)	90 ppm (4 гр.)	145 ppm (5 гр.)	250 ppm (6 гр.)	1000 ppm (7 гр.)
ИА ядер эпителиоцитов почечных канальцев (в%)	8,4 ± 4	14,6 ± 4,9	9,2 ± 1,1	<b>13,2 ± 2,4*</b>	6 ± 0,8	8,6 ± 1,29	<b>18 ± 5,6*</b>
ИА почечных клубочков (в%)	3 ± 0,4	3,2 ± 0,2	3,4 ± 0,4	2,8 ± 0,4	2,4 ± 0,2	<b>6,8 ± 1,5*</b>	<b>6,5 ± 0,5*</b>
Число гипертрофированных почечных клубочков (в%)	5,6 ± 1,5	7,6 ± 0,86	11,4 ± 1,9	8,4 ± 1,1	4,6 ± 2,9	8,8 ± 1,59	8,8 ± 1,1
Выраженность гемодинамических сдвигов (в баллах)	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,2	1 ± 0	1,4 ± 0,2	1 ± 0	1 ± 0	1,5 ± 0,28
Число микро-некрозов на ед. площади среза	0,14 ± 0,1	0,04 ± 0,04	0 ± 0	0,04 ± 0,04	0 ± 0	0 ± 0	0,1 ± 0,04
Выраженность инфилтрирования и фибрирования (в баллах)	1,2 ± 0,2	1,6 ± 0,4	1 ± 0	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,2	1 ± 0	1,5 ± 0,28

Примечание. \* – достоверность различий к 5-й группе,  $P < 0,05$ .

Таблица 4

Структурно-функциональные показатели почек крыс после годового потребления вод, содержащих различные концентрации дейтерия, (М ± м)

Показатели	10 ppm (1 гр.)	30 ppm (2 гр.)	60 ppm (3 гр.)	90 ppm (4 гр.)	145 ppm (5 гр.)	250 ppm (6 гр.)	1000 ppm (7 гр.)
ИА ядер эпителиоцитов почечных канальцев (в%)	15,7 ± 1,4	13,3 ± 2,1	10,3 ± 1,4	8,8 ± 0,9	12,2 ± 3,4	<b>20,3 ± 1,6**</b>	<b>22 ± 3,7*</b>
ИА почечных клубочков (в%)	<b>10,3 ± 0,9*</b>	6,5 ± 1,4	<b>3,8 ± 0,4*</b>	<b>2,2 ± 0,4*</b>	6 ± 0,9	9,3 ± 1,7	7 ± 1,9
Число гипертрофированных почечных клубочков (в%)	10,3 ± 1,1	3,8 ± 0,53	4,8 ± 1,1	4 ± 1,1	7,8 ± 1,4	7,5 ± 0,7	6 ± 0,7
Выраженность гемодинамических сдвигов (в баллах)	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,3 ± 0,2	2 ± 0,4
Число микро-некрозов на ед. площади среза	0,11 ± 0,05	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,05	0,03 ± 0,03	0,08 ± 0,03	0,08 ± 0,03	0,16 ± 0,08
Выраженность инфилтрирования и фибрирования (в баллах)	1,3 ± 0,2	1,8 ± 0,4	1,5 ± 0,18	1 ± 0	1,7 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0

Примечание. \* – достоверность по отношению к 5-й группе,  $P < 0,05$ ; \*\* – достоверность по отношению к 5-й группе,  $P < 0,001$ .

### Заключение

Таким образом, на основании полученных в результате двенадцатимесячного хронического эксперимента статистических данных гистологической и структурно-функциональной оценки печени и почек нелинейных белых крыс, употребляющих воды с содержанием дейтерия от 10 до 1000 ppm, выявлено выраженное патологическое воздействие на структурно-функциональные показатели обоих исследованных органов при потреблении вод с повышенным содержанием дейтерия (250 и 1000 ppm). Воды с очень низким содержанием дейтерия, на уровне 10–30 ppm, вызывали у нелинейных крыс менее выраженные изменения в структурно-функциональных показателях органов. Содержание дейтерия в питьевой воде на уровне 60–90 ppm оказывало оптимизирующее воздействие на показатели состояния почек экспериментальных животных.

### Список литературы

1. Kolesova O.E., Pomytkin I.A. Relationship between natural concentration of heavy water isotopologs and rate of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

generation by mitochondria. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2006. vol. 142. no. 5. P. 570–572.

2. Абросимова А.Н., Раков Д.В., Синяк Ю.Е. Влияние «легкой» воды на развитие помутнений хрусталика у мышей после многократного гамма-облучения в низких дозах // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2009. Т. 43. № 2. С. 29–32.

3. Яргин С.В. Дейтерий в лимфологии: неадекватное планирование экспериментов // *Вестник лимфологии*. 2009. № 2. С. 38–39.

4. Беляева Н.Н. Морфологические критерии риска вредного воздействия факторов окружающей среды на организм // *Гигиена и санитария*. 2002. № 6. С. 75.

5. Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Дыдыкин А.С., Федулова Л.В., Барышев М.Г., Джимаков С.С. Оценка детоксицирующего действия воды с пониженным содержанием дейтерия в опытах на лабораторных животных // *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова*. 2012. Т. 1. № 1. С. 239–248.

6. Джимаков С.С., Барышев М.Г., Басов А.А., Тимак А.А. Влияние воды со сниженным содержанием дейтерия на изотопный состав лиофилизированных тканей и морфофункциональные показатели организма у крыс из разных поколений // *Биофизика*. 2014. Т. 59. № 4. С. 749–756.

7. Куликова Е.И., Андрианова И.Е., Крючкова Д.М., Мальцев В.Н., Северюхин Ю.И., Ставракова Н.М., Уланова А.М., Иванов А.А. Влияние легкоизотопной воды на динамику массы тела и гематологические показатели у мышей // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2012. Т. 46. № 3. С. 39–44.

УДК 613.2(571.56)

**ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОСТИ ПИТАНИЯ В ЯКУТИИ****Петрова М.Н.***ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,  
e-mail: mnpetrova@gmail.com*

Статья посвящена сравнительному анализу современных тенденций в питании жителей Якутии. Автор указывает на преобладание в рационе тех или иных продуктов питания северян, в зависимости от времени года. Традиционная культура питания якутов была основана на молочной и мясной еде. Со временем она трансформировалась и обогатилась за счет включения продуктов рыболовства и ягод, популярных у северных народов. По калорийности и вкусовым качествам даже несложные блюда якутской кухни были незаменимы в суровом, резко континентальном климате. Исторически сложившееся использование конины, жеребятины и молока кобылиц для изготовления разных видов кумыса сохранилось до сегодняшнего дня. Якутская кухня богата национальными традициями, неповторимыми вкусовыми качествами блюд и изделий, особенно из свежемороженой рыбы и мясopодуков. Продукция земледелия у якутов массово стала применяться только с XIX века. До этого роль хлеба выполняли рыба, мясо, молочная продукция, древесная заболонь, травы и корни. Многие исследователи Якутии, этнографы писали, что прежде у якутов первое место в питании занимала молочная, а затем – растительная пища. Мяса употребляли мало, в основном зимой, в зависимости от достатка. Изучение современных тенденций питания на Севере представляет научный интерес с точки зрения сохранения национальных традиций и использования опыта мировой кухни.

**Ключевые слова:** культурное наследие, валоризация, пропаганда, национальная идентичность, этническая принадлежность, коренные народы, экологическая пища, еда, культура продуктов питания

**FEATURES OF SEASONAL FEEDING IN YAKUTIA****Petrova M.N.***Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«M.K. Ammosov North-Eastern Federal University», Yakutsk, e-mail: mnpetrova@gmail.com*

The article is devoted to a comparative analysis of the current trends in the diet of the inhabitants of Yakutia. The author points out the predominance of northerners in the diet, depending on the season. The traditional culture of eating the Yakuts was based on dairy and meat meals. Over time, it was transformed and enriched due to the inclusion of fishery products and berries, popular with northern peoples. By caloric content and taste, even simple dishes of Yakut cuisine were indispensable in a harsh, sharply continental climate. Historically, the use of horse meat, foals and milk of mares for the manufacture of various types of koumiss has survived to this day. Yakut cuisine is rich in national traditions, unique taste qualities of dishes and products, especially from fresh-frozen fish and meat products. The Yakuts' agricultural products began to be widely used only since the nineteenth century. Before that, the role of bread was fulfilled by fish, meat, dairy products, wood sapwood, grass and roots. Many researchers of Yakutia, ethnographers wrote that before the Yakuts first of all in the diet was occupied by milk, and then – vegetable food. Meat was consumed little, mostly in winter, depending on the income. The study of modern nutrition trends in the North is of scientific interest from the point of view of preserving national traditions and using the experience of world cuisine.

**Keywords:** cultural heritage, valorization, promotion, national identity, ethnicity, indigenous peoples, ecological food, food, food culture

Среди факторов, оказывающих наибольшее влияние на показатели здоровья населения, чрезвычайно важную роль играет характер питания: несоблюдение режима приёма пищи обуславливает заболевания желудочно-кишечного тракта, жирная пища способствует нарушению липидного обмена, избыток быстрых углеводов приводит к манифестации сахарного диабета. Помимо снижения качества жизни, эти заболевания относятся к факторам, являющимся причиной смертности населения республики. Так, среди улусов, включённых в исследование, наибольший коэффициент смертности населения отмечается в Оймяконском улусе (рис. 1). При анализе коэффициентов смертности населения в изучаемых улусах по классам заболеваний и отдельным причинам смерти, связанным с питанием, преоблада-

ют болезни органов пищеварения. С 2015 г. в целом по республике отмечается некоторая тенденция роста смертности населения от болезней эндокринной системы, в том числе от сахарного диабета [1] (рис. 2).

Учитывая такую ситуацию, крайне важно уделять внимание лечебным диетам, ограничениям употребления отдельные продукты питания и способам кулинарной обработки.

Традиционная кухня якутов имеет некоторые общие черты с кухней бурятов, монголов, эвенков, эвенов, чукчей, а также русских. Способы приготовления блюд в якутской кухне немногочисленны: это либо отваривание (мясо, рыба), либо сбрызгивание (кумыс, суорат), либо заморозка (мясо, рыба). Из мяса в пищу традиционно употребляются конина, говядина, оленина,

пернатая дичь, а также потроха и кровь. Широко распространены блюда из сибирской рыбы (осётр, чир, омуль, муксун, пелядь, нельма, таймень, хариус). Очевидно, такое бережливое отношение к продуктам – результат народного опыта выживания в суровых полярных условиях. Умение народа выживать в тяжелых условиях, когда зимой –50, летом +40, и при этом умело организовывать свое питание, безусловно, явление особенное в материальной культуре якутского народа. Отличительной чертой якутской кухни является максимально полное использование всех компонентов исходного продукта. Активно используются практически все субпродукты. В частности, большой популярностью пользуются супы из потрохов, кровяные деликатесы и т.д. Из замороженных мяса и рыбы делается строганина, из говяжьей или лошадиной крови получается хаан – якутская кровяная колбаса. Овощи, фрукты и грибы в блюдах традиционной якутской кухни не используются; употребляются лишь некоторые ягоды в сыром или вареном виде (брусника, голубика, толокнянка, черная смородина, кислица, княженика, земляника, шиповник, шикша, морошка). Вместо чая используют морс. Национальным напитком является популярный у многих восточных народов кумыс (перебродившее сырое кобылье молоко), а также более крепкий коонньоруу кымыс (или койуурган). Из коровьего молока готовят суорат (простокваша), кюэрчэх (взбитые сливки), кобер (масло, сбитое с молоком до образования густого крема), чохоон (или чехон – масло, сбитое с молоком и ягодами), издьэгей (творог), суумэх (сыр). Из муки, молочных продуктов с добавлением масла якуты варят саламат – густую массу [2].

Якутская кухня основана на национальных устоях. Она впитала в себя лучшие элементы северной кухонной традиции, включает необычное многообразие блюд [3–5]. Благодаря таким энтузиастам, как известный мастер-повар, шеф-повар ресторана «Тыгын Дархан» Иннокентий Иннокентьевич Тарбахов, сохраняется и обогащается традиционная кухня якутов [6]. С 1963 г. И.И. Тарбахов по крупицам собирает, изучает, осмысливает и осваивает на практике забытые рецепты якутской кухни. Он принимает активное участие в международных кулинарных конкурсах, популяризируя якутскую национальную кухню. Его перу принадлежат такие книги, как: «Эн остуолун сахалыы астара» (Якутская еда на вашем столе), «Блюда земли Олонхо», буклет «60 рецептов от Тарбахова», «Традиционные якутские молочные блюда», «БЫсыах: Я – Душа – Мир», «Сандалы народов Якутии», «Саха алгыстаах аһа» (Якутская еда), сборник «Готовим с Тарбаховым» [7].

Цель исследования: выявить особенности сезонных предпочтений в питании жителей Якутии.

**Материалы и методы исследования**

В июле – августе 2017 г. в рамках проекта «Проблема валоризации и популяризации культуры питания народов Севера в современных условиях (на примере Якутии)» (Поддержан РГНФ, заявка № 17-21-08001) доцентами ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет» И.З. Борисовой, А.А. Винокуровой, Д.М. Винокуровой было проведено анкетирование с использованием выборочного метода по квотной выборке (n = 870), на основе учета структуры генеральной совокупности по сферам занятости респондентов. Было роздано 745 анкет в 26 населённых пунктах Оймяконского, Томпонского, Сунтарского, Намского, Усть-Алданского, Верхне-Вилуйского улусов и Мирнинского районов, с общей численностью населения 55188.

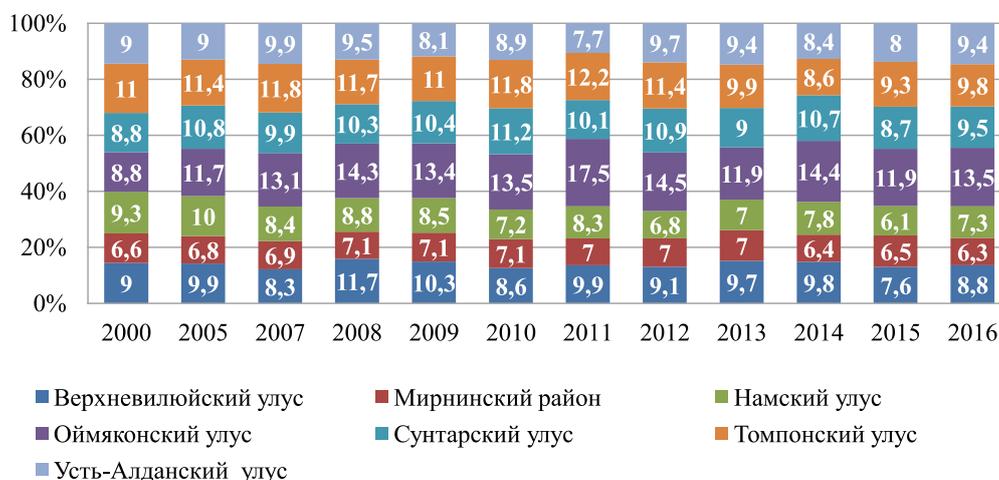


Рис. 1. Коэффициент смертности населения (на 1000 человек населения)

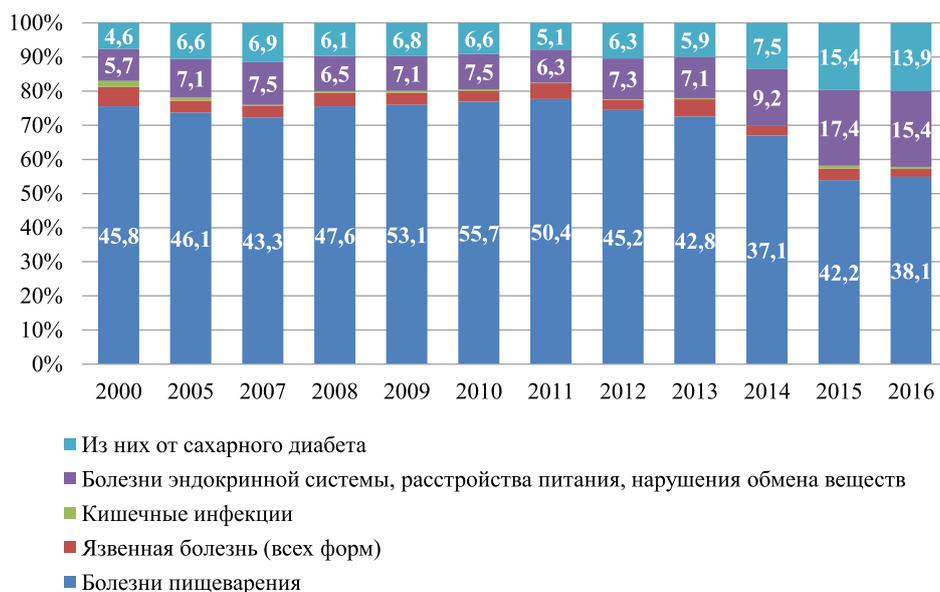


Рис. 2. Коэффициенты смертности по классам и отдельным причинам смерти (число умерших на 100000 человек населения)

### Результаты исследования и их обсуждение

Среди опрошенных преобладали жители Сунтарского улуса; женщины (65,4%) (табл. 1); молодежь 18–19 лет (17,1%) (табл. 2); Саха (82,5%). Выяснилось, что весной, летом и осенью жители Якутии отдавали предпочтение хлебобулочным и кондитерским изделиям (хлеб, пирожки, булочки, оладьи, лепешки, вафли и т.п.) (61,6; 63,7; 62,2% соответственно), зимой – мясным блюдам (суп, жаркое, котлеты, пельмени, манты и т.п. (77,1%). Такая полезная, легкоусвояемая пища, как блюда из рыб (озерной, речной, морской), находится на 5–6 месте в ежедневном рационе респондентов. В большинстве улусов, где был проведён опрос, водится озёрная или речная рыба (табл. 3–6).

Польский писатель и этнограф В.Л. Серошевский (1858–1945), отбывавший в 1880–1892 гг. якутскую ссылку, в своей знаменитой монографии «Якуты», изданной в Петербурге еще в 1896 г., рассматривал происхождение якутов, их расселение, физические особенности, экологические основы быта, пищу, одежду, постройки, ремесла, семью и брак, фольклор и верования. И сейчас нам, современным исследователям, чрезвычайно интересно сравнить организацию питания в старину и в настоящее время. Как и прежде, соотношение между потребляемым количеством мяса и молочных продуктов зависит от сезона. Пища у якутов имеет сезонное назначение: самое благоприятное время – июнь, июль, август,

сентябрь, октябрь. В июне-июле пища исключительно молочная (белая), с использованием небольшого количества рыбы, дичи. В августе уже чувствуется нехватка молока, в сентябре заканчивается сенокос, начинается осенний рыболовный и лесной промысел, в октябре-ноябре забивают скот [2].

Раньше хлеб был роскошью, не каждая семья могла себе позволить ежедневно употреблять в пищу мучные изделия, что было обусловлено местностью проживания, техническими и финансовыми возможностями, хотя уже в XVII веке в Якутии предпринимались успешные попытки хлебопашества. Под Якутском впервые засеяли хлеб в 1643 г. Очагами земледелия были также Амгинская слобода и Олёкминский округ. С 1853 г. намские якуты сами стали сеять хлеб, научились применять железный серп, косу, сажать овощи. В настоящее время в силу развития мукомольного производства, широкого распространения хлебобулочных и кондитерских изделий в розничной торговой сети, лидирующие позиции в ежедневном рационе якутянина занимает различная выпечка [8]. Ранее же в летний сезон преобладала молочная пища. Готовили питательный и целебный напиток кумыс. Он кисло-сладкого вкуса, со своеобразным сырным запахом. Молодой кумыс бьет в нос от избытка углекислоты и слегка опьяняет, но ненадолго. Он бодрит, быстро восстанавливает силы, прекрасно утоляет жажду. Он легко усваивается организмом, усиливает кровообращение и активизирует все жизненные отправления [2].

**Таблица 1**

Пол респондентов

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
1	мужской	33,3	63,4	14,5	40,8	17,1	50,0	29,5
2	женский	65,4	34,7	84,5	57,1	81,8	50,0	70,5
3	не указали/нет ответа	1,3	1,9	1,0	2,0	1,2		
	Всего:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

**Таблица 2**

Возраст респондентов

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
1	18–19 лет	17,1	58,3	1,5	12,2	0,4	13,0	
2	20–24 лет	14,3	34,7	8,5	8,2	7,8	5,6	2,3
3	25–29 лет	9,4	2,8	7,5	18,4	11,6	13,0	13,6
4	30–34 лет	10,9	0,9	19,0	8,2	14,7	9,3	9,1
5	35–39 лет	11,3	0,5	15,5	13,3	15,5	13,0	13,6
6	40–44 лет	9,8	0,5	15,5	10,2	13,6	9,3	6,8
7	45–49 лет	7,5	0,9	15,0	6,1	6,2	9,3	13,6
8	50–55 лет	8,3	0,5	10,5	7,1	12,0	7,4	18,2
9	56–59 лет	5,1		2,5	6,1	8,5	9,3	13,6
10	60–64 лет	3,3	0,9	2,5	5,1	4,7	7,4	2,3
11	65–70 лет	1,4		1,5	2,0	1,9		4,5
12	70 и более	1,1		0,5	2,0	1,6	3,7	2,3
	не указали/нет ответа	0,6			1,0	1,6		
	Всего:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

**Таблица 3**

Предпочтения в повседневном питании, в зависимости от времени года. Зима (больше 100%, так как респонденты выбирали несколько вариантов ответа)

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
1	мясные блюда (суп, жаркое, котлеты, пельмени, манты и т.п.)	77,1	68,5	88,5	62,2	79,5	94,4	65,9
2	блюда из мелкой и крупной дичи (утки, зайчатина, сохатина и т.п.)	14,3	15,7	15,5	7,1	16,3	11,1	9,1
3	блюда из рыб (озерная, речная, морская)	30,9	20,4	49,0	16,3	33,3	20,4	31,8

**Окончание табл. 3**

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
4	молочные и кисломолочные продукты (молоко, кефир, суorat, быыппах, кёорчэх (дагда), сливки, издьэгэй, творог и т.п.)	43,7	36,6	62,5	31,6	48,8	18,5	20,5
5	хлебобулочные и кондитерские изделия (хлеб, пирожки, булочки, оладьи, лепешки, баахыла (вафли) и т.п.)	66,4	52,3	78,5	55,1	72,1	83,3	52,3
6	продукты получаемые из дикоросов (варенье, морс, напитки и т.п.)	56,2	45,4	69,5	34,7	68,6	38,9	45,5
7	другое	0,2			1,0	0,4		
	не указали/нет ответа	17,2	21,3	8,0	35,7	14,3	5,6	29,5

Примечание. Другое: яйца, замороженные овощи.

**Таблица 4**

Предпочтения в повседневном питании, в зависимости от времени года. Весна  
(больше 100%, так как респонденты выбирали несколько вариантов ответа)

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
1	мясные блюда (суп, жаркое, котлеты, пельмени, манты и т.п.)	52,5	39,8	66,5	37,8	53,9	87,0	34,1
2	блюда из мелкой и крупной дичи (утки, зайчатина, сохатина и т.п.)	42,3	38,0	40,5	35,7	50,8	42,6	36,4
3	блюда из рыб (озерная, речная, морская)	33,9	17,6	42,5	42,9	36,4	48,1	22,7
4	молочные и кисломолочные продукты (молоко, кефир, суorat, быыппах, кёорчэх (дагда), сливки, издьэгэй, творог и т.п.)	41,6	34,3	61,0	20,4	48,1	14,8	31,8
5	хлебобулочные и кондитерские изделия (хлеб, пирожки, булочки, оладьи, лепешки, баахыла (вафли) и т.п.)	61,6	45,8	77,0	55,1	63,6	77,8	52,3
6	продукты получаемые из дикоросов (варенье, морс, напитки и т.п.)	42,1	28,2	59,0	19,4	52,3	27,8	40,9
7	другое	0,2			1,0	0,4		
	не указали/нет ответа	21,4	26,4	10,0	39,8	19,0	7,4	38,6

Примечание. Другое: яйца, замороженные овощи

**Таблица 5**

Предпочтения в повседневном питании в зависимости от времени года. Лето (больше 100%, так как респонденты выбирали несколько вариантов ответа)

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
1	мясные блюда (суп, жаркое, котлеты, пельмени, манты и т.п.)	47,4	36,1	62,0	27,6	49,2	83,3	25,0
2	блюда из мелкой и крупной дичи (утки, зайчатина, сохатина и т.п.)	17,7	19,9	17,0	21,4	17,1	11,1	13,6
3	блюда из рыб (озерная, речная, морская)	45,2	43,1	54,5	19,4	51,2	38,9	43,2
4	молочные и кисломолочные продукты (молоко, кефир, суorat, быппах, кёорчэх (дагда), сливки, издьэгэй, творог и т.п.)	60,0	54,2	78,5	46,9	66,7	20,4	43,2
5	хлебобулочные и кондитерские изделия (хлеб, пирожки, булочки, оладьи, лепешки, баахыла (вафли) и т.п.)	63,7	54,2	77,5	55,1	62,4	79,6	54,5
6	продукты, получаемые из дикоросов (варенье, морс, напитки и т.п.)	48,4	43,5	58,5	35,7	52,7	35,2	45,5
7	другое	0,2			1,0	0,4		
	не указали/нет ответа	17,9	19,0	9,0	38,8	15,1	5,6	38,6

Примечание. Другое: яйца, замороженные овощи.

**Таблица 6**

Предпочтения повседневном питании, в зависимости от времени года. Осень (больше 100%, так как респонденты выбирали несколько вариантов ответа)

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
1	мясные блюда (суп, жаркое, котлеты, пельмени, манты и т.п.)	55,2	44,9	70,0	40,8	54,7	88,9	31,8
2	блюда из мелкой и крупной дичи (утки, зайчатина, сохатина и т.п.)	38,6	33,3	43,0	19,4	48,4	33,3	36,4
3	блюда из рыб (озерная, речная, морская)	36,4	25,0	41,5	32,7	39,1	72,2	18,2
4	молочные и кисломолочные продукты (молоко, кефир, суorat, быппах, кёорчэх (дагда), сливки, издьэгэй, творог и т.п.)	42,8	35,6	62,5	20,4	51,6	11,1	25,0
5	хлебобулочные и кондитерские изделия (хлеб, пирожки, булочки, оладьи, лепешки, баахыла (вафли) и т.п.)	62,2	52,3	72,5	55,1	63,2	79,6	52,3

Окончание табл. 6

№	Варианты ответов	Общее	по районам (улусам)					
			Мирнинский	Намский	Оймяконский	Сунтарский	Томпонский	У/Алданский
			870 чел.	216 чел.	200 чел.	98 чел.	258 чел.	54 чел.
6	продукты, получаемые из дикоросов (варенье, морс, напитки и т.п.)	53,9	40,3	69,0	41,8	58,9	57,4	45,5
7	другое	0,2			1,0	0,4		
	не указали/нет ответа	19,5	20,4	12,0	38,8	17,4	5,6	36,4

Примечание. Другое: яйца, замороженные овощи.

Серошевский в своём труде указывал на то, что мясной рацион преобладал зимой, когда забивали домашний скот. Жеребятину отваривали до полуготовности, чтобы сохранить вкус и питательные свойства мяса. В настоящее время эти тенденции сохраняются. В настоящее время при анализе потребления мяса и мясопродуктов в разных регионах России, согласно данным Федеральной службы государственной статистики, отмечается некоторая биполярность. Максимумы потребления этих продуктов приходится на столичные центры (Москву и Санкт-Петербург) и на северные регионы России, где значительную часть составляет промыслово-скотоводческое население. Физиологическая потребность в мясных продуктах у взрослых мужчин выше средней на 10%, а у молодых – на 38%. Отчасти это относится и к северным регионам. Важным фактором здесь является высокий процент оленеводов, охотников, промысловиков и зверобоев. Именно за счет этих групп наиболее существенно средний показатель потребления мяса возрастает в малонаселенных районах Якутии, Чукотки, Корякского округа, Эвенкии [9]. В свое время одним из аргументов за «углеводную» корзину являлась более низкая стоимость входящих в нее продуктов. В настоящее время этот постулат может быть оспорен.

### Выводы

1. Зимой в рационе респондентов преобладают мясные блюда (77,1%); хлебобулочные и кондитерские изделия (66%); продукты, получаемые из дикоросов (56,2%).

2. Весной жители Якутии отдают предпочтение хлебобулочным и кондитерским изделиям (61,6%), мясным блюдам (52,5%), блюдам из мелкой и крупной дичи (42,3%).

3. Летом население республики потребляет хлебобулочные и кондитерские изделия (63,7%), молочные и кисломолочные продукты (60,0%), продукты, получаемые из дикоросов (48,4%).

4. Осенью предпочтение отдается хлебобулочным и кондитерским изделиям (62,2%), мясным блюдам (55,2%), продуктам, получаемым из дикоросов (53,9%).

5. Исторически сложившиеся тенденции в ежедневном рационе в зимний период года сохраняются.

6. В целом происходит трансформация в сторону преобладания мучных изделий в рационе.

*Статья издана при финансовой поддержке РФФИ, проект «Проблема валоризации и популяризации культуры питания народов Севера в современных условиях (на примере Якутии)» № 17-21-08001.*

### Список литературы

1. Статистический сборник № 167/318 Смертность населения Республики Саха (Якутия) в 2016 году. Якутск, 2017. 215 с.
2. Серошевский В.Л. Якуты. Год издания: 1896. URL: <http://avidreaders.ru/book/yakuty1.html> (дата обращения: 17.08.2018).
3. Борисова А.А., Протопопова Т.А. Институциональные формы этнокультурного туризма в республике Саха // Культура и цивилизация. 2016. № 4. С. 383–392.
4. Борисова И.З. Истоки и развитие якутской национальной кухни, культурного наследия народа Саха // История еды и традиции питания народов мира: материалы II Международного симпозиума. МГУ имени М.В. Ломоносова; Центр по изучению взаимодействия культур; Академия гастрономической науки и культуры. 2016. С. 256–270.
5. Борисова И.З., Борисова А.А., Бианки И. Этнические особенности питания народа Саха // Глобализация и интеграция традиционной и инновационной науки в современном мире. Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 35–39.
6. Vinokurova D.M., Vinokurova A.A., Borisova I.Z. Transformation of the traditional food culture of rural residents in Yakutia: reduction in natural food consumption // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. 2018. Т. 11. № 4. С. 670–678.
7. Официальный информационный портал Республики Саха (Якутия). URL: <https://www.sakha.gov.ru/laureat-gosudarstvennoy-premii-respubliki-saha-kutiya-imeni-aekulakovskogo-tarbahov-innokentiy-innokentyevich> (дата обращения: 17.08.2018).
8. Дохунаева А.М., Лебедева У.М., Платонова Р.И. Характер питания арктической семьи в современных условиях // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № S2. С. 92.
9. Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/level/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/level/#) (дата обращения: 17.08.2018).

УДК 616.831-005:616.52-092-08

## КЛИНИКО-ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНОЙ БОЛЕЗНИ, АССОЦИИРОВАННОЙ С ГЕРПЕТИЧЕСКОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

<sup>1</sup>Прохоренко С.В., <sup>2</sup>Косякова Н.И., <sup>2,3</sup>Прохоренко И.Р.

<sup>1</sup>ФГНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитации»,

Москва, e-mail: sergey.prohorenko@gmail.com;

<sup>2</sup>ФГАУЗ Больница ПНЦ РАН, Пуцдино;

<sup>3</sup>ФГБУ «Институт фундаментальных проблем биологии» РАН, Пуцдино

К ранним признакам цереброваскулярной болезни (ЦВБ) относят быструю утомляемость, умеренно выраженные головные боли, раздражительность и частую смену настроения, головокружение. Такие симптомы не являются специфическими и могут быть характерны и для хронической интоксикации, вызванной латентно протекающей герпетической инфекцией (ГИ). С этой целью на первом этапе была изучена распространенность ЦВБ у лиц работоспособного возраста, считавших себя практически здоровыми. Установлено, что у 36,4% обследованных были выявлены ранние признаки ЦВБ. Дальнейшее иммуно-серологическое и молекулярно-биологическое обследование установило коморбидность ЦВБ и ГИ у 47% пациентов. На втором этапе (в течение 24 месяцев) с целью изучения особенности клинического течения и изменений в цитокиновом статусе проводилось динамическое наблюдение за пациентами с ЦВБ и ГИ. Было показано, что ГИ утяжеляет клинические проявления ЦВБ, вызывает более выраженный дисбаланс цитокинового статуса. Оценка цитокинового статуса показала, что у пациентов с частыми обострениями ГИ наблюдались три варианта иммунного ответа при стимуляции культуры моноцитов липополисахаридом *E. coli* (ЛПС). Сниженные показатели отмечены у 16 из 32 пациентов, повышенные значения – у 6 и не измененные – у 10 пациентов. Это дает основание с осторожностью подходить к назначению индукторов интерферона пациентам с ЦВБ, ассоциированной с ГИ, при выборе метода иммунокоррекции, так как назначение индукторов интерферона у пациентов, имеющих низкие показатели INF- $\gamma$ , приводило к еще более глубокому угнетению его продукции и, как следствие, к более тяжелому течению заболевания.

**Ключевые слова:** цереброваскулярная болезнь, герпетическая инфекция, провоспалительные цитокины

## CLINICO-IMMUNOLOGICAL FEATURES OF CEREBROVASCULAR DISEASE ASSOCIATED WITH HERPETIC INFECTION

<sup>1</sup>Prokhorenko S.V., <sup>2</sup>Kosyakova N.I., <sup>2,3</sup>Prokhorenko I.R.

<sup>1</sup>Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology,

Moscow, e-mail: sergey.prohorenko@gmail.com;

<sup>2</sup>Hospital of the Pushchino Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Pushchino;

<sup>3</sup>Institute of Basic Biological Problems of Russian Academy of Sciences, Pushchino

Early signs of cerebrovascular disease (CVD) include fast fatigue, mild headaches, irritability and frequent mood swings, dizziness. Such symptoms are not specific and can also be characteristic of chronic intoxication caused by a latent flow of herpetic infection (HI). To this end, at the first stage, the prevalence of CVD was studied in persons of working age who considered themselves to be practically healthy. It was found that 36.4% of the subjects had early signs of CVD. Further immuno-serological and molecular biological examination established the comorbidity of CVD and HI in 47% of patients. At the second stage (within 24 months), in order to study the clinical course and the changes in the cytokine status, the patients were monitored dynamically with CVD and HI. It was shown that GI increases the clinical manifestations of the central nervous system, causes a more pronounced imbalance in the cytokine status. Evaluation of the cytokine status showed that in patients with frequent exacerbations of HI, three variants of the immune response were observed when stimulating the monocyte culture with *E. coli* lipopolysaccharide (LPS). Reduced rates were noted in 16 of 32 patients, elevated values – in 6 and unchanged in 10 patients. This gives grounds to use caution in the appointment of interferon inducers in patients with CVD associated with HI when choosing the immunocorrection method, because the appointment of interferon inducers in patients with low INF- $\gamma$  values led to an even deeper inhibition of its production and, consequently, to a more severe course of the disease.

**Keywords:** cerebro-vascular disease, herpetic infection, proinflammatory cytokines

Помимо атеросклеротического поражения сосудов, в последние годы все чаще внимание привлекает поражение сосудов в результате аутоиммунных или инфекционных васкулитов, токсических или наследственных артериопатий, сенильной амилоидной ангиопатии, что приводит к генерализованному сужению мелких сосудов

и к диффузному ишемическому поражению белого вещества полушарий. Поражение мелких церебральных артерий может вызвать образование небольших (лакунарных) инфарктов мозга, которые часто протекают бессимптомно [1]. В настоящее время у подавляющего большинства населения герпесвирусы уклоняются от иммунного

распознавания в структурах спинного или головного мозга, в ганглионарных тканях, легко преодолевают гематоэнцефалический барьер, что делает их малодоступными для специфических противовирусных препаратов [2]. В дополнение к липидно-инфильтративной теории атерогенеза добавилась воспалительная теория, описывающая активацию Т-лимфоцитов после их контакта с антиген-презентирующими клетками, несущими антигены, ассоциированные с комплексами гистосовместимости [3]. Атерогенная способность вирусов возрастает при наличии факторов риска развития атеросклероза (дислипидопротеидемия, гиперхолестеринемия, ожирение, высокие гемодинамические нагрузки, гиподинамия, курение и др.). Атеросклероз вызывают вирусы семейства *Herpesviridae* (у птиц – вирусы болезни Марека; у человека – вирус Эпштейна – Барр, вирусы простого герпеса (ВГЧ-1-2г.т.), цитомегаловирусы) [4, 5].

Наиболее изученными в человеческой популяции являются ВГЧ 1-го и 2-го типов, а также цитомегаловирус (ЦМВ). Герпес-вирусы могут инфицировать эндотелиальные и гладкомышечные клетки, играющие ключевую роль в развитии атеросклероза. В работе J. DuRose и соавт. впервые в экспериментальной модели кровотока было показано, что малейшее снижение его способствует инфицированию эндотелиальных клеток ЦМВ и развитию атеросклероза [6]. Многие исследователи пытались установить связь атеросклероза с герпесвирусной инфекцией, сравнивая частоту встречаемости вирусной ДНК в атеросклеротических измененных и нормальных стенках артерий. Однако полученные результаты слишком противоречивы и требуют дальнейшего изучения [7, 8]. К ранним признакам ЦВБ относят: быструю утомляемость, умеренно выраженные головные боли, раздражительность и частую смену настроения, головокружение. Далее появляется снижение работоспособности, шум в голове, проблемы со сном. Такие симптомы не являются специфическими и могут быть характерны и для хронической интоксикации, вызванной латентно протекающей герпетической инфекцией.

Цель исследования: изучить распространенность симптомов ЦВБ в ассоциации с ГИ у лиц работоспособного возраста, особенности клинического течения и изменений в цитокиновом статусе при их коморбидности.

### Материалы и методы исследования

Клинико-инструментальное исследование распространенности и течения ЦВБ среди пациентов

трудоспособного возраста – 35–60 лет, считавших себя практически здоровыми, изучение особенностей их цитокинового статуса иммуно-серологическим и молекулярно-биологическим методами.

Верификация диагноза ЦВБ проводилась на базе Больницы ПНЦ РАН. Пациенты при обращении подписывали информированное согласие. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Б ПНЦ РАН, протокол № 11 от 15.06.2017 г., и проводилось в два этапа. На первом этапе осуществлялся скрининг с целью выявления ранних признаков ЦВБ.

Признаки ЦВБ по результатам осмотра и анкетирования были выявлены у 168 (36,4%) обследованных из 485 ранее обратившихся.

Критерии включения:

лица в возрасте 35–60 лет, считавшие себя практически здоровыми, не предъявлявшие активно жалоб и обратившиеся в кабинет медицинской профилактики для очередного диспансерного осмотра.

В группу наблюдения не включались пациенты, имеющие выраженные клинические проявления ЦВБ, тяжелые заболевания сердечно-сосудистой системы (ОНМК, ОИМ, ХСН, нарушения сердечного ритма), декомпенсированный сахарный диабет 2 т., туберкулез легких, ВИЧ, гепатиты, острые и другие тяжелые хронические заболевания, женщины фертильного возраста, имеющие беременность, нарушения менструального цикла и другую тяжелую гинекологическую патологию.

Для верификации ЦВБ было продолжено клинико-лабораторное обследование (клинический анализ крови, биохимия: АЛТ/АСТ, ЩФ, общий белок, СРБ (кол.), холестерин, липидный профиль, глюкоза, мочевины, креатинин) по стандартным методикам, утвержденным МЗ РФ. Доплерография сосудов головы и шеи (УЗДГ) проводилась на аппарате SIEMENS ACUSON X300, производитель «Siemens Medical Solution Inc (USA)».

МРТ исследование головного мозга проводили в Центре магнито-ядерной диагностики г. Серпухова, имеющего все необходимые разрешительные документы МЗРФ.

Иммуно-серологическое и молекулярно-биологическое исследование для подтверждения диагноза ГИ у пациентов с верифицированным диагнозом ЦВБ, изучение цитокинового статуса проводилось методом ИФА и ПЦР согласно стандартным инструкциям к тест-системам на иммуноферментном анализаторе STAT FAX 3200 (США), на полуавтоматическом планшетном фотометре Stat Fax 2100 и шейкер-инкубаторе Stat Fax 2200 (Awareness Technology Inc) США и амплификаторе нуклеиновых кислот в реальном времени АНК-32, С.-Петербург, Россия.

В динамике, в парных сыворотках определялись уровни специфических IgM и IgG к вирусу простого герпеса 1–2 типа (ВПГ-1-2т.) и вирусу герпеса человека – 6т. (ВГЧ-6), которые имели наиболее выраженную тропность к нервным клеткам ЦНС.

Исследование уровня провоспалительных цитокинов: IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$ , и противовоспалительных цитокинов: IL-4 и IL-10 проводилось в сыворотке крови до и после активации липополисахаридом (ЛПС) из *E. coli* методом ИФА по инструкции производителя тест-систем ООО «Цитокин» С.-Петербурга.

Уровень трансформирующего ростового фактора бета (TGF $\beta$ ) в сыворотке крови определяли методом твердофазного ИФА с использованием коммерческих

тест-систем фирмы DRG (США). ДНК к ВПГ- 1-2 т. и ВГЧ-6 типа определяли в слезе зева методом ПЦР. Статистическая обработка проводилась с использованием компьютерной программы Statistica 6. Значимость различий между количественными признаками определялась при помощи t-критерия Стьюдента, между малыми выборками и качественными признаками определялась при помощи непараметрических методов (критерий Манна – Уитни,  $p < 0,05$ ).

### Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе было проведено обследование 485 пациентов, обратившихся в кабинет профилактических медицинских осмотров Больницы ПНЦ РАН. Пациенты в возрасте от 35 до 60 лет считали себя условно здоровыми, самостоятельно жалоб не предъявляли, подписывали информированное согласие, заполняли анкету по выявлению ранних клинических признаков ЦВБ; им также проводилось исследование клинического и биохимического анализа крови.

На втором этапе из 485 обследованных пациентов было отобрано 168 (м. – 77, ж. – 91), у которых выявлены начальные признаки ЦВБ (табл. 1).

**Таблица 1**  
Начальные признаки ЦВБ

Начальные признаки цереброваскулярной болезни	Количество пациентов, у которых присутствовали признаки
Головные боли	158
Нарушение сна, бессонница	168
Снижение работоспособности, повышенная утомляемость	106
Раздражительность, плохое настроение, эмоциональная неустойчивость	122
Избыточная светливость	98
Сухость слизистых полости рта	73
Приступы учащенного сердцебиения	144

Выявлялись также факторы, провоцирующие развитие ЦВБ: Сахарный диабет 2 т. – 18; Гиперхолестеринемия, дислипидемия – 64; Ожирение – 72; Гипертония – 166; ИБС – 22; Стрессы – 76; Черепно-мозговые травмы – 11; Длительный прием оральных контрацептивов – 36; Курение – 98; Мало-подвижный образ жизни – 121; Наследственность – 55.

Далее всем пациентам проводилось иммуно-серологическое и молекулярно-биологическое исследование для выявления хронической персистирующей ГИ.

По результатам проведенного иммуно-серологического и молекулярно-био-

логического обследования на наличие сопутствующей ГИ пациенты ( $n = 168$ ) были распределены на две группы.

В 1 группу исследования ( $n = 79$ ) включили пациентов с ЦВБ ассоциированной с ГИ (47%); во 2 гр. – 89 пациентов с ЦВБ, у которых при иммуно-серологическом и молекулярно-биологическом обследовании не была выявлена ГИ (53%).

Контрольную группу для иммуно-серологических и молекулярно-биологических исследований составили условно здоровые пациенты ( $n = 22$ ) без признаков ЦВБ и ГИ. Группы наблюдения были сравнимы по полу, возрасту, медико-социальным условиям. Частота и интенсивность клинических проявлений (головных болей, нарушения сна, бессонницы, снижения работоспособности, повышенной утомляемости, раздражительности, плохого настроения, эмоциональной неустойчивости, приступов учащенного сердцебиения) у пациентов 1 группы наблюдалась в 2,3 раза чаще по сравнению с пациентами 2-й группы.

У 26 пациентов 1 гр. отмечалась также субфебрильная температура и симптомы хронической усталости, у 16 в слезе из зева методом ПЦР определили ДНК ВГЧ-6. По данным МРТ-исследования у всех пациентов 1 и 2 гр. наблюдения, в той или иной степени определялись очаги деструкции в веществе головного мозга, повреждение стенок сосудов, холестериновые отложения, аневризмы. Частота патологических проявлений по данным МРТ-исследования была в 1,4 раза выше у пациентов 1гр. по сравнению с пациентами 2гр. наблюдения. При анализе результатов клинического и биохимического анализа крови у пациентов 1гр. чаще отмечались изменения в виде лейкопении, повышения значений АЛТ и СРБ, что можно связать с хронической рецидивирующей герпетической инфекцией при коморбидности ЦВБ и ГИ. Существенной разницы в уровнях холестерина атерогенных и антиатерогенных фракций липопротеидов выявлено не было ( $p < 0,01$ ):

Так, в 1 гр. – уровень ХС ЛПНП был  $6,03 \pm 0,51$  ммоль/л и ХС ЛПВП  $0,90 \pm 0,21$  ммоль/л;

во 2 гр. соответственно, ХС ЛПНП  $5,93 \pm 0,21$  ммоль/л и ХС ЛПВП –  $1,15 \pm 0,22$  ммоль/л.

Иммуно-серологическое исследование уровня антител класса IgM в диагностических титрах не выявило ни у одного пациента в период ремиссии ГИ, а 4-кратный прирост в парных сыворотках титра антител класса IgG к ВПГ 1–2 типа и ВГЧ-6 типа выявлялся у всех пациентов 1 гр. после очередного обострения ГИ. Нарастание

титров специфических антител к ВПГ-1-2 т. отмечено у 53 пациентов и к вирусу герпеса 6 типа у 26, что указывало на наличие персистирующей герпетической инфекции у пациентов ЦВБ.

ДНК ВПГ-1-2 типа определялась у 41 из 79 пациентов ЦВБ ассоциированной с ГИ (51,9%) и ВГ 6 типа у 21 из 79 (26,6%). Отсутствие ДНК вируса ГИ у 17 пациентов (21,5%) при повышенных значениях специфических IgG к ВПГ 1-2 типа и ВГЧ-6 типа означало наличие вирусоносительства и не требовало активных лечебных вмешательств в период ремиссии ГИ. Дополнительно в анамнезе и по данным амбулаторных карт у всех пациентов имелись указания на ранее перенесенную с клиническими проявления герпетическую инфекцию (лихорадка, везикулярные высыпания на губах, носу и/или половых органах, наличие синдрома хронической усталости). Частые обострения ГИ, более 4-х раз в году, разной степени выраженности клинических симптомов, наблюдались у 32 пациентов (40,5%), у которых методом ПЦР определялась ДНК к ВПГ 1–2 типа (у 21) и ВГ 6 типа (у 11), регистрировались повышенные титры специфических антител и более выраженные клинические проявления ЦВБ.

На всех этапах иммунного ответа при ГИ принимают активное участие цитокины, к которым принадлежат лимфокины, интерлейкины, монокины. Выраженный дисбаланс в цитокиновом статусе был выявлен при их изучении в динамике через 12 и 24 месяца (табл. 2).

Как видно из представленных данных, при ЦВБ в ассоциации с ГИ наблюдается повышение уровня всех цитокинов по сравнению с контролем, но их значения оказались значительно ниже по сравнению с пациентами ЦВБ, у которых нет ассоциации с ГИ.

Уровень противовоспалительного цитокина IL-4 у пациентов 1 группы регистрировался в 1,3 выше, чем во 2 группе, а уро-

вень провоспалительного цитокина IFN- $\gamma$  в 1 группе был в 1,9 раз ниже, чем у пациентов 2 гр., что указывало на степень выраженности воспалительной реакции.

Интерлейкин-4 является фактором, стимулирующим В-клетки, синтезируется Т-хелперами 2-го типа, ингибирует цитотоксичность Т-клеток и макрофагов, переклюкает синтез иммуноглобулинов класса G1 на синтез иммуноглобулинов G4 и иммуноглобулинов E, способствует росту тканевых базофилов [9]. Особую роль играет интерферон, функция которого не только угнетение репродукции вируса, но характеризуется в первую очередь иммунорегуляцией защитных реакций организма. Интерферон влияет на фагоцитарную активность макрофагов и естественных киллеров, на прямую цитотоксичность Т-лимфоцитов и NK-клеток, на лизис инфицированных клеток Т-лимфоцитами, макрофагами, полиморфноядерными лейкоцитами [9]. Ряд авторов рассматривает дисбаланс между провоспалительными (интерферон-гамма – IFN- $\gamma$ ) и противовоспалительными (интерлейкин 4 – IL-4) цитокинами в сторону последних, как основу развития и поддержания хронического воспаления [10, 11].

В наших исследованиях определена отрицательная корреляционная связь между ними (рисунок).

Из представленных данных видно, что при повышении уровня IFN- $\gamma$  наблюдается снижение IL4 и при снижении IFN- $\gamma$  возрастал уровень IL4.

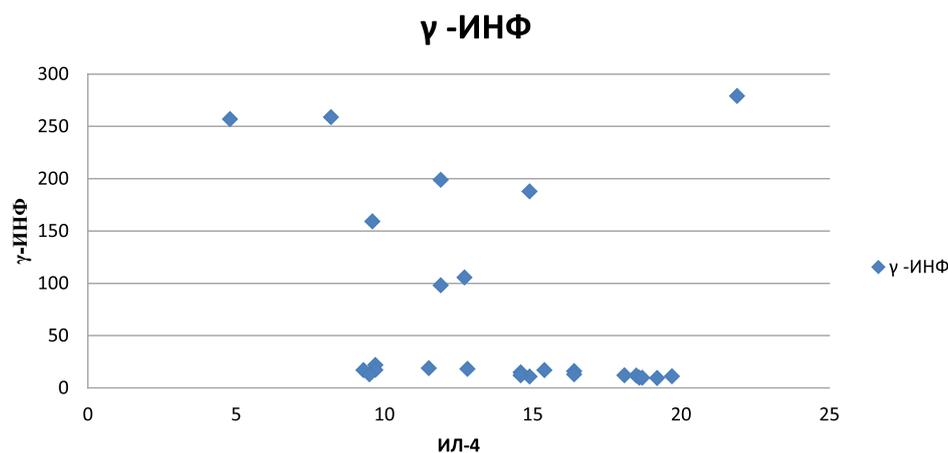
Анализ показателей цитокинового статуса выявил у пациентов с частыми обострениями ГИ три варианта иммунного ответа при стимуляции культуры моноцитов ЛПС из *E. coli*: 1 вариант – Сниженные показатели IFN- $\gamma$  ( $51,3 \pm 4,1$  пкг/мл) отмечены были у 16 пациентов из 32; 2 вариант – повышенные значения ( $716 \pm 48,1$  пкг/мл) у 6-ти и 3 вариант – неизменные ( $105,3 \pm 54,1$  пкг/мл) у 10 пациентов.

**Таблица 2**

Показатели цитокинового статуса в динамике через 12 и 24 месяца у пациентов с коморбидностью ЦВБ и ГИ. Содержание цитокинов (пкг/мл) в сыворотке крови

Показатель	Контроль	Через 12 мес. 1 гр. (n = 32)	Через 24 мес. 1 гр. (n = 31)	Через 12 мес. 2 гр. (n = 12)	Через 24 мес. 2 гр. (n = 12)
IL-4	23,9 ± 0,7	78,8 ± 33,1*	74,5 ± 1,6	56,2 ± 1,7	52,5 ± 1,9**
IL-10	1,87 ± 1,1	27,8 ± 8,4*	25,8 ± 8,4	21,8 ± 0,4	19,6 ± 0,7**
IFN- $\gamma$	0,11 ± 0,01	21,3 ± 4,1*	18,9 ± 0,7	41,1 ± 0,7**	39,9 ± 5,1**
TNF- $\alpha$	44,4 ± 2,9	121,9 ± 40,9*	101,1 ± 21,9	166,4 ± 29,9**	158,3 ± 20,6

Примечание. p < 0,01\*, p < 0,05\*\*.



Корреляционная зависимость между IL-4 и INF-γ. Коэффициент корреляции = -0,29328

Эти результаты дают основание с осторожностью подходить к назначению индукторов интерферона при выборе метода иммунокоррекции у пациентов с ЦВБ, ассоциированной с ГИ, так как назначение индукторов интерферона у пациентов, с низкими показателями INF-γ приводило к еще более глубокому угнетению его продукции, что в свою очередь определяло более тяжелое течение ЦВБ. Более тяжелое течение отмечено было также и в группе пациентов с повышенными значениями INF-γ.

В настоящее время активно изучается роль TGF-β1 в атерогенезе. Предполагают, что TGF-β1 способствует развитию атеросклеротических повреждений стенки сосудов на фоне усиления воспаления [12, 13]. Результаты наших исследований показали более высокий уровень TGF-β1 у пациентов 1 группы ( $39,39 \pm 2,24$  нг/мл) в сравнении с 2 группой ( $26,82 \pm 4,09$  нг/мл), что свидетельствовало об активности фиброзирующих процессов и персистенции герпетической инфекции.

Таким образом отмечено значительное распространение начальных симптомов ЦВБ у лиц работоспособного возраста, которые при диспансерном и профилактическом осмотрах активно жалоб не предъявляли. Это дает основание считать анкетирование простым и доступным методом ранней диагностики и формирования групп риска этой патологии.

Установлено более тяжелое течение клинических проявлений ЦВБ у пациентов при ассоциации её с ГИ.

Наличие дисбаланса в цитокиновом статусе определяет тактику иммунотерапии при лечении ЦВБ, ассоциированной с ГИ.

### Список литературы

1. Pinter D., Enzinger C., Fazekas F. Cerebral small vessel disease, cognitive reserve and cognitive dysfunction. *J. Neurol.* 2015. Vol. 262. № 11. P. 2411–2419.
2. Шульженко А.Е., Зуйкова И.Н., Щубелко Р.В. Рецидивирующая герпес-вирусная инфекция: стратегия противовирусной терапии // *Клиническая дерматология и венерология.* 2015. Т. 14. № 3. С. 29–36.
3. De Palma R., Del Galdo F., Abbate G. Patients with acute coronary syndrome show oligoclonal T-cell recruitment within unstable plaque: evidence for a local, intracoronary immunologic mechanism. *Circulation.* 2006. Vol. 113. P. 640–646.
4. Xenaki E., Hassoulas J. Detection of cytomegalovirus in atherosclerotic plaques and nonatherosclerotic arteries. *Angiology.* 2009. Vol. 60. № 4. P. 504–508.
5. Wu Y.P., Sun D.D., Wang Y., Liu W. et al. Herpes simplex virus type 1 and type 2 infection increases atherosclerosis risk: evidence based on a meta-analysis. *Biomed. Res. Int.* 2016. Vol. 2016. Article ID 2630865. DOI: 10.1155/2016/2630865.
6. DuRose J., Li J., Chien S., Spector D. Infection of vascular endothelial cells with human cytomegalovirus under fluid shear stress reveals preferential entry and spread of virus in flow conditions simulating atheroprone regions of the artery. *J. Virol.* 2012. Vol. 24. P. 13745–13755.
7. Wang Z., Cai J., Zhang M., Wang X. et al. Positive expression of human cytomegalovirus phosphoprotein 65 in atherosclerosis. *BioMed. Res. Intern.* 2012. Vol. 2016. Article ID 4067685. DOI: 10.1155/2016/4067685.
8. Shi Y., Tokunaga O. Herpesvirus HSV-1, EBV and CMV infections in atherosclerotic compared with non-atherosclerotic aortic tissue. *Pathol. Int.* 2002. Vol. 52. № 1. P. 31–39.
9. Нагоев Б.С., Камбачокова З.А. Цитокиновый статус у больных герпесвирусными инфекциями // *Инфекционные болезни.* 2011. Т. 11. № 1. С. 19–23.
10. Lee C.G., Cho S.J., Kang M.J. Early growth response gene 1-mediated apoptosis is essential for transforming growth factor β 1-induced pulmonary fibrosis. *J. Exp. Med.* 2004. Vol. 3. P. 377–389.
11. Heldin C.H., Landström M., Moustakas A. Mechanism of TGF-beta signaling to growth arrest, apoptosis, and epithelial-mesenchymal transition. *Curr. Opin. Cell. Biol.* 2009. Vol. 21. № 2. P. 166–176.
12. Bauce B., Nava A., Boffagna G., Basso C. et al. Multiple mutations in desmosomal proteins encoding genes in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia. *Heart. Rhythm.* 2010. Vol. 7. P. 23–29.
13. Bertoli-Avella A. M. Mutations in a TGF-beta ligand, TGFβ3, cause syndromic aortic aneurysms and dissections. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2015. Vol. 65. P. 1324–1336.

## АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ У БЕРЕМЕННОЙ И РАННЯЯ НЕОНАТАЛЬНАЯ СМЕРТНОСТЬ (ПО ДАННЫМ РОССТАТА ЗА 2012–2016 ГОДЫ)

Туманова У.Н., Шувалова М.П., Щеголев А.И.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: ashegolev@oparina4.ru

Гипертензивные расстройства, развивающиеся у женщины во время беременности, могут в свою очередь явиться причиной или способствовать развитию ряда осложнений у матери и плода. В работе проведен анализ данных Росстата по Российской Федерации за 2012–2016 гг. о частоте регистрации гипертензии беременной при ранней неонатальной смерти. За 5 изученных лет в целом по Российской Федерации артериальные гипертензии беременных способствовали развитию ранней неонатальной смерти 2279 (8,3%) новорожденных. При этом количество умерших новорожденных, у которых в свидетельствах о перинатальной смерти фигурировали сведения об артериальной гипертензии беременной, уменьшилось за 5 лет на 72,6%. Абсолютное число случаев ранней неонатальной смерти при наличии гипертензии у беременной преобладало среди новорожденных мальчиков. Наиболее часто артериальная гипертензия беременной отмечалась в Северо-Западном федеральном округе и Дальневосточном федеральном округе. Чаще всего гипертензия беременной как состояние, способствовавшее смерти новорожденного в первые 168 ч после рождения, фигурировала в свидетельствах о перинатальной смерти новорожденных в результате заболеваний, входящих в группу эндокринных и метаболических нарушений. На втором месте среди причин ранней неонатальной смерти, где указана артериальная гипертензия беременной, стоят респираторные нарушения.

**Ключевые слова:** гестационная гипертензия, преэклампсия, ранняя неонатальная смертность, причина смерти

## ARTERIAL HYPERTENSION IN PREGNANT AND EARLY NEONATAL MORTALITY (ACCORDING TO ROSSTAT IN 2012–2016)

Tumanova U.N., Shuvalova M.P., Shchegolev A.I.

National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I. Kulakov of Ministry of Healthcare of Russian Federation, Moscow, e-mail: ashegolev@oparina4.ru

Hypertensive disorders that develop in a woman during pregnancy can be cause or contribute to the development of a number of complications in the mother and fetus. The work is based on Rosstat data analysis for the Russian Federation for 2012–2016 on the frequency of registration of hypertension of a pregnant woman with early neonatal death. In general, the arterial hypertension of pregnant women in the Russian Federation contributed to the development of early neonatal death of 2279 (8.3%) of newborns in 5 years studied. At the same time, the number of deceased newborns, who had information on hypertension of a pregnant woman in certificates of perinatal death, decreased by 72.6% over 5 years. The absolute number of cases of early neonatal death in the presence of hypertension in pregnant women prevailed among newborn boys. The most common hypertension of a pregnant woman was observed in the North-West Federal District and the Far Eastern Federal District. Most often, pregnant hypertension as a condition that contributed to the death of a newborn in the first 168 hours after birth was featured in the certificate of perinatal death of newborns from diseases that are part of the group of endocrine and metabolic disorders. On the second place among the causes of early neonatal death, where hypertension is indicated in the pregnant woman, there are respiratory disorders.

**Keywords:** gestational hypertension, preeclampsia, early neonatal mortality, cause of death

Заболевания женщины закономерно сказываются на развитии и исходах беременности. Существенная роль среди экстрагенитальных заболеваний принадлежит гипертензивным состояниям, которые осложняют течение беременности в 5–15% случаев [1]. Более того, гипертензивные состояния у беременной сопровождаются более высокими показателями перинатальной, младенческой и материнской смертности. По данным литературы [2], порядка 16% мертворождений приходится на беременных с выявленными гипертензивными состояниями. В Российской Федерации артериальная гипертензия способствовала

развитию мертворождения в 5,98% случаев в 2010 г. и в 5,84% в 2012 г. [3, 4].

Цель настоящей работы: изучить частоту и роль артериальной гипертензии в развитии ранней неонатальной смерти.

### Материалы и методы исследования

Работа основана на анализе данных, содержащихся в статистических формах А-05 Росстата по ранней неонатальной смерти новорожденных, то есть умерших в первые 168 ч после рождения, в Российской Федерации в 2012–2016 гг. Изученные статистические формы А-05 Росстата содержат сведения об отдельных заболеваниях и группах болезней, явившихся, согласно записям в медицинских свидетельствах о перинатальной смерти, первоначальной причиной смер-

ти. В формах А-05 Росстата имеются также сведения о четырех группах состояний, обусловивших или способствовавших наступлению смерти новорожденных. Вторая группа таких состояний, посвященная осложнениям беременности у матери, содержит, в частности, сведения о частоте выявления поражений новорожденного, обусловленных гипертензивными расстройствами, обусловленными беременностью (Р00.0 МКБ-10), и способствовавших ранней неонатальной смерти. Подобные поражения плода обусловлены состояниями матери, классифицированными, согласно указаниям Росстата в следующих рубриках Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ-10) [5]:

- О11 – преэклампсия, наложившаяся на хроническую гипертензию;
- О13 – вызванная беременностью гипертензия;
- О14 – преэклампсия;
- О15 – эклампсия.

Анализ показателей данной группы и явился предметом настоящего исследования. Сравнительный анализ количественных данных проводили при помощи критерия Хи-квадрат Пирсона, в том числе с поправкой Йейтса, и точного критерия Фишера в зависимости от количества наблюдений. Значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Согласно данным Росстата, в Российской Федерации с 2012 по 2016 гг. было зарегистрировано 27367 случаев ранней неонатальной смерти, что составило 31,9% от общего числа наблюдений перинатальной смерти. При этом ежегодное количество новорожденных, умерших в первые 168 ч после рождения, уменьшилось на 41,0% (с 6969 в 2012 г. до 4113 в 2016 г.).

Наряду с этим за 5 изученных лет общее число случаев ранней неонатальной смерти, где гипертензивные расстройства, обусловленные беременностью (Р00.0 МКБ-10), были расценены в качестве состояния, способствовавшего гибели новорожденного, составило 2279 (8,3% от общего количества ранней неонатальной смерти). При этом важным положительным моментом следует считать не только ежегодное прогрессирующее снижение абсолютного количества таких наблюдений, но и относительной их доли среди всех наблюдений ранней неонатальной смерти (табл. 1). Действительно, абсолютное количество умерших новорожденных, у которых в свидетельствах о перинатальной смерти фигурировали сведения об артериальной гипертензии беременной, уменьшилось за 5 лет на 72,6% (с 843 в 2012 г. до 231 в 2016 г.). Относительная же их доля таких умерших новорожденных среди всех наблюдений ранней неонатальной смерти снизилась с 12,1% (в 2012 г.) до 5,6% (в 2016 г.). Подобное состояние, несомненно, связано с улучшением диагностики и лечения артериальной гипертензии у беременных [6].

При анализе табл. 2 видно, что абсолютное количество случаев ранней неонатальной смерти при наличии гипертензии у беременной во все изученные годы преобладало среди новорожденных мальчиков. За 5 лет соотношение умерших мальчиков и девочек составило 58% : 42%. Относительная же доля наблюдений погибших мальчиков от общего числа умерших была выше в 2013, 2015 и 2016 гг.

Наряду с этим, абсолютное и относительное количество анализируемых наблюдений ранней неонатальной смерти преобладало в случае смерти в городской местности по сравнению с сельской местностью. Общее число таких погибших с 2012 по 2016 гг. составило 1359 (59,6%) и 920 (40,4%) в городской и сельской местности соответственно.

Весьма интересные особенности были выявлены при анализе показателей смертности в федеральных округах Российской Федерации (табл. 2). Наибольшие значения абсолютного и относительного количества наблюдений ранней неонатальной смерти при гипертензии беременной отмечаются в Северо-Кавказском федеральном округе. Согласно записям в медицинских свидетельствах о перинатальной смерти, за 5 изученных лет было зарегистрировано 1115 таких случаев, что составило 48,9% от всех аналогичных наблюдений в Российской Федерации и 23,6% от всех случаев ранней неонатальной смерти в Северо-Кавказском федеральном округе. Столь высокие показатели количества умерших новорожденных при наличии гипертензии у беременной отмечались в основном в 2012 и 2013 гг. В 2014 и 2015 гг. их количество значительно снизилось, а в 2016 г. стало даже ниже среднего уровня по стране.

Обращают на себя внимание и показатели Дальневосточного федерального округа: общее количество новорожденных при наличии артериальной гипертензии у матери и умерших в первые 168 часов после рождения составило в 2012–2016 гг. 324, что составляет 14,2% от всех аналогичных наблюдений в Российской Федерации и 21,0% от всех случаев ранней неонатальной смерти в Дальневосточном федеральном округе.

Наиболее низкие ежегодные значения относительной частоты регистрации гипертензии беременной в случаях ранней неонатальной смерти отмечались, согласно данным Росстата за 2012–2016 гг., в Уральском федеральном округе (1,4% в среднем за 5 лет) и Северо-Западном федеральном округе (1,6%). В целом по Российской Федерации с 2012 по 2016 г. относительная частота гипертензии беременной в случаях ранней неонатальной смерти варьировала от 12,1% до 5,6% (табл. 2).

Для сравнения можно привести данные Росстата о числе умерших в раннем неонатальном периоде за 2010 г., когда статистическому учету подлежали новорожденные, родившиеся при сроке гестации 28 недель и более с массой тела 1000 г и более. Общее количество наблюдений ранней неонатальной смерти составило 4948, при этом гипертония беременной фигурировала в 615 (12,4%) наблюдениях [7]. То есть внедрение новых критериев регистрации новорожденных сопровождалось уменьшением числа наблюдений ранней неонатальной смерти с наличием гипертонии у беременной.

При анализе данных Росстата за 2012–2016 гг. наиболее частой первоначальной причиной смерти новорожденных, умерших в первые 168 ч после рождения, являются так называемые респираторные нарушения, составляющие 43,4% от всех случаев ранней неонатальной смерти. Второе место занимают врожденные аномалии развития (16,8%) и третье место – заболевания из группы геморрагических и гематологических нарушений (14,1%).

Гипертония беременной как состояние, способствовавшее смерти новорожденного, чаще всего (в 12,0% за 5 изученных лет) фигурировала в свидетельствах о перинатальной смерти новорожденных в результате заболеваний, входящих в группу эндокринных и метаболических нарушений (табл. 3). Второе место среди причин ранней неонатальной смерти, где имелась артериальная гипертония беременной, занимают респираторные нарушения, где относительная ее частота (10,4%) значительно выше соответствующих показателей среди всех новорожденных, умерших в первые 168 ч после рождения. На третьем месте стоят родовые травмы (8,7%). При этом следует отметить, что в вышеуказанной группе эндокринных и метаболических нарушений гипертония беременной чаще всего (в 17,1% наблюдений) отмечалась при крайней незрелости плода (P07.0,2 МКБ-10). Однако последнее состояние, согласно указаниям Всемирной Организации Здравоохранения [5], не рекомендуется использоваться в качестве первоначальной причины смерти новорожденности при наличии других причин.

Таблица 1

Частота гипертонии беременной при ранней неонатальной смерти в Российской Федерации в 2012–2016 гг.

(абсолютное значение и процент от общего количества умерших данной группы)

Группа	Год				
	2012	2013	2014	2015	2016
РФ	843 (12,1%)	605 (9,8%)	322 (6,0%)	278 (5,9%)	231 (5,6%)
М	461 (11,6%)	362 (10,0%)	184 (5,9%)	171 (6,1%)	143 (6,0%)
Д	382 (12,7%)	243 (9,5%)	138 (6,0%)	107 (5,6%)	88 (5,1%)
ГМ	437 (9,3%)	381 (5,1%)	215 (5,8%)	163 (5,1%)	163 (5,6%)
СМ	843 (12,1%)*	605 (9,8%)*	322 (6,0%)	278 (5,9%)*	231 (5,6%)

Примечание. Здесь и далее РФ – Российская Федерация, М – мальчики, Д – девочки, ГМ – городская местность, СМ – сельская местность, \* –  $p < 0,05$  по сравнению с городской местностью.

Таблица 2

Частота гипертонии беременной при ранней неонатальной смерти в федеральных округах Российской Федерации в 2012–2016 гг.

(абсолютное значение и процент от общего количества умерших данной группы)

Округ	Год				
	2012	2013	2014	2015	2016
ЦФО	102 (7,0%)*	108 (8,4%)	88 (8,1%)*	52 (5,5%)	65 (7,4%)*
СЗФО	5 (1,2%)*	9 (2,0%)*	6 (1,7%)*	7 (2,2%)*	4 (1,2%)*
ЮФО	8 (1,3%)*	7 (1,3%)*	6 (1,2%)*	15 (3,5%)*	15 (4,2%)
СКФО	565 (42,4%)*	349 (34,9%)*	107 (10,9%)*	67 (8,4%)*	27 (4,4%)
ПФО	25 (1,9%)*	28 (2,3%)*	22 (2,0%)*	43 (4,7%)	35 (4,2%)
УФО	8 (1,7%)*	7 (1,5%)*	6 (1,6%)*	3 (0,8%)*	3 (1,0%)*
СФО	42 (4,4%)*	35 (4,3%)*	24 (3,3%)*	29 (4,6%)	31 (5,3%)
ДФО	88 (23,9%)*	62 (16,0%)*	63 (21,6%)*	60 (24,8%)*	51 (26,3%)*
РФ	843 (12,1%)	605 (9,8%)	322 (6,0%)	278 (5,9%)	231 (5,6%)

Примечания: ЦФО – Центральный, СЗФО – Северо-Западный, ЮФО – Южный, СКФО – Северо-Кавказский, ПФО – Приволжский, УФО – Уральский, СФО – Сибирский, ДФО – Дальневосточный федеральные округа, РФ – Российская Федерация, \* –  $p < 0,05$  по сравнению с показателями РФ.

Кроме того, при анализе причин смерти новорожденных обращают на себя внимание некоторые ежегодные отличия (табл. 3). Так, в 2012, 2014 и 2015 гг. гипертензия беременных чаще всего (в 18,2, 14,1 и 7,7% наблюдений соответственно) отмечалась в случаях смерти от эндокринных и метаболических нарушений. В 2013 г. она чаще фигурировала при респираторных нарушениях (в 11,8%), а в 2016 г. – при родовых травмах (в 7,7%).

Подобные отличия, видимо, отражают особенности патогенеза гипертензивных расстройств у беременной и танатогенеза новорожденных. Действительно, по данным литературы [8, 9], наличие гипертензии в период беременности характеризуется значительным ростом частоты развития гестационных и перинатальных осложнений. Артериальная гипертензия в основном сочетается с формированием плацентарной недостаточности, развитием преждевременной отслойки нормально расположенной плаценты, задержки роста плода, бронхолегочной дисплазии [10–12]. При анализе перинатальных исходов беременных с гестационной гипертензией У.А. Ашуровой с соавт. [13] установлена более высокая частота встречаемости задержки роста плода, ишемически-гипоксических нарушений у новорожденных и случаев перинатальной смерти.

К сожалению, патогенез плацентарной недостаточности у женщин с гестационной артериальной гипертензией до конца не изучен. Согласно данным литературы, подобные наблюдения характеризуются развитием порочных кругов нарушений в системе мать – плацента, включающих в себя гипоксию и ишемию плаценты, дисфункцию

и деструкцию эндотелия, дисбаланс проангиогенных и противангиогенных факторов [14, 15]. Определенную роль в этих процессах, несомненно, играют и особенности повреждающих механизмов, обусловленные различными видами артериальной гипертензии [16].

Конечным итогом подобных нарушений являются нарушения циркуляции крови в структурах плаценты с развитием материнских и плодных стромально-сосудистых поражений [17, 18]. Такие нарушения закономерно приводят к прогрессирующей ишемии плаценты, а также внутриутробной гипоксии плода. Именно поэтому, на наш взгляд, основными причинами ранней неонатальной смерти, согласно имеющимся данным Росстата, явились состояния, входящие в группы метаболических и респираторных нарушений.

По данным С.В. Тараленко с соавт. [17], частота развития хронической плацентарной недостаточности на фоне гестационных гипертензивных расстройств достигает 60%. При этом степень её проявлений, включая морфологические изменения плаценты, зависела от степени повышения артериального давления и изменений системы гемостаза.

Достаточно четким критерием плацентарной недостаточности считается доплерометрическая оценка маточно-плацентарного кровотока, позволяющая весьма своевременно определить степень риска развития ассоциированных с артериальной гипертензией гестационных осложнений, включая преэклампсию [19]. Анализ факторов риска гипертензивных расстройств, вызванных беременностью, позволяет уже в первом триместре определить пациенток с повышенным риском развития преэклампсии [20].

**Таблица 3**

Частота гипертензии беременной при ранней неонатальной смерти в Российской Федерации в 2012–2016 гг. (абсолютные значения и процент от общего количества умерших в данной группе)

Год	Первоначальная причина смерти								
	РТ	РН	И	ГГН	ЭМН	ВА	ТО	ПНУ	Всего
2012	20 (11,5%)	547 (16,0%)*	40 (5,0%)*	47 (5,2%)*	112 (18,3%)*	72 (6,4%)*	2 (5,1%)	2 (2,9%)	843 (12,1%)
2013	10 (9,0%)	342* (11,8%)	70 (9,9%)	59* (6,7%)	45 (9,7%)	75* (7,5%)	1 (2,9%)	0	605 (9,8%)
2014	5 (5,4%)	109 (5,1%)	37 (5,1%)	34 (4,5%)	91 (14,1%)*	44 (4,8%)	1 (2,3%)	1 (1,6%)	322 (6,0%)
2015	5 (6,5%)	135 (6,9%)	21 (3,3%)*	45 (6,5%)	36 (7,7%)	35 (4,5%)	0	1 (2,3%)	278 (5,9%)
2016	5 (7,7%)	104 (6,3%)	22 (3,9%)	34 (5,4%)	25 (6,7%)	40 (5,3%)	0	1 (4,3%)	231 (5,6%)

Примечания: РТ – родовая травма, РН – респираторные нарушения, И – инфекции, ГГН – геморрагические и гематологические нарушения, ЭМН – эндокринные и метаболические нарушения, ВА – врожденные аномалии, ТО – травмы и отравления, ПНУ – причина смерти не установлена, \* –  $p < 0,05$  по сравнению со всеми умершими в раннем неонатальном периоде.

Однако следует учитывать, что при неадекватном медикаментозном контроле артериального давления у беременной повышается частота осложнений беременности и родов, а слишком интенсивное снижение артериального давления может сопровождаться уменьшением плацентарного кровообращения и нарушением развития плода [21].

Таким образом, гипертензивные расстройства, развивающиеся у женщины во время беременности, могут в свою очередь явиться причиной или способствовать развитию ряда осложнений, в том числе перинатальной смерти. На основании анализа данных Росстата по Российской Федерации за 2012–2016 гг., артериальные гипертензии беременных способствовали развитию ранней неонатальной смерти 2279 (8,3 %) новорожденных. При этом количество умерших новорожденных, у которых в свидетельствах о перинатальной смерти фигурировали сведения об артериальной гипертензии беременной, уменьшилось за 5 лет на 72,6%. Абсолютное число случаев ранней неонатальной смерти при наличии гипертензии у беременной преобладало среди новорожденных мальчиков. Наиболее часто артериальная гипертензия беременной отмечалась в Северо-Западном федеральном округе и Дальневосточном федеральном округе. Чаще всего гипертензия беременной как состояние, способствовавшее ранней неонатальной смерти, фигурировала в свидетельствах о перинатальной смерти новорожденных в результате заболеваний, входящих в группу эндокринных и метаболических нарушений. На втором месте среди причин ранней неонатальной смерти, где указана артериальная гипертензия беременной, стоят респираторные нарушения.

#### Список литературы

1. Cunningham F.G., Leveno K.J., Bloom S.L. et al. *Williams obstetrics*. 23rd ed. Toronto: McGraw Hill Medical, 2010.
2. Lawn J.E., Yakoob M.Y., Haws R.A. et al. 3.2 million stillbirths: epidemiology and overview of the evidence review. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2009. V. 9 (S.1). P. 2.
3. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Шувалова М.П., Фролова О.Г. Сравнительный анализ смертности в Российской Федерации в 2010 и 2012 гг. // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2015. № 3. С. 58–62.
4. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Шувалова М.П., Фролова О.Г. Гипоксия как причина смертности в Российской Федерации // *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. 2014. № 3. С. 96–98.
5. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем; 10-й пересмотр. ВОЗ, Женева, 2003.
6. Сухих Г.Т., Ходжаева З.С., Филиппов О.С. и др. Федеральные клинические рекомендации. Гипертензивные расстройства во время беременности, в родах и послеродовом периоде. Преэклампсия. эклампсия. М., 2013. 85 с.
7. Щеголев А.И., Павлов К.А., Дубова Е.А., Фролова О.Г. Ранняя неонатальная смертность в Российской Федерации в 2010 г // *Архив патологии*. 2013. № 4. С. 15–19.
8. Perveen S. Frequency and impact of hypertensive disorders of pregnancy. *J. Ayub. Med. Coll. Abbottabad*. 2014. V. 26. P. 518–521.
9. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Артериальная гипертензия у беременных как фактор риска мертворождения (обзор литературы) // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 8–1. С. 78–82.
10. Долгушина В.Ф., Чулков В.С., Вереина Н.К., Синицын С.П. Акушерские осложнения при различных формах артериальной гипертензии у беременных // *Акушерство и гинекология*. 2013. № 3. С. 33–39.
11. Bi G.L., Chen F.L., Huang W.M. The association between hypertensive disorders in pregnancy and bronchopulmonary dysplasia: a systematic review. *World J. Pediatr*. 2013. V. 9. P. 300–306.
12. Ашурова У.А., Каримова Л.А., Тулынина Е.А. Перинатальные исходы и осложнения во время беременности у женщин с гестационной гипертензией // *Авиценна*. 2017. № 11. С. 4–7.
13. Ашурова У.А., Каримова Л.А., Тулынина Е.А. Анализ течения беременности, родов и перинатальных исходов у женщин с гестационной гипертензией // *Журнал теоретической и клинической медицины*. 2017. № 4. С. 75–78.
14. Федоренко А.В., Дикке Г.Б. Коррекция эндотелиальной дисфункции в профилактике плацентарной недостаточности у женщин с гестационной артериальной гипертензией // *Теоретические и прикладные аспекты современной науки*. 2015. № 7–6. С. 68–70.
15. Ходжаева З.С., Шамаков Р.Г., Коган Е.А. и др. Клинико-анамнестические особенности, плацента и плацентарная площадка при ранней и поздней преэклампсии // *Акушерство и гинекология*. 2015. № 4. С. 25–31.
16. Palei A.C., Sandrim V.C., Cavalli R.C., Tanus-Santos J.E. Comparative assessment of matrix metalloproteinase (MMP)-2 and MMP-9, and their inhibitors, tissue inhibitors of metalloproteinase (TIMP)-1 and TIMP-2 in preeclampsia and gestational hypertension. *Clin. Biochem*. 2008. V. 41. P. 875–880.
17. Щеголев А.И. Современная морфологическая классификация поврежденных плаценты // *Акушерство и гинекология*. 2016. № 4. С. 16–23.
18. Тараленко С.В., Дикке Г.Б., Федоренко А.В., Курчишвили В.И. Особенности течения беременности и строения плаценты у беременных с гестационной гипертензией // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 9–1. С. 126–129.
19. Холин А.М., Гус А.И. Модели скрининга преэклампсии в I триместре беременности: роль эхографических маркеров // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015. № 5S. С. 187.
20. Шахбазова Н.А. Оценка значимости факторов риска гипертензивных состояний, вызванных беременностью // *Российский кардиологический журнал*. 2014. № 5. С. 97–100.
21. Пристром А.М. Прогноз развития основных гестационных и перинатальных осложнений у беременных с артериальной гипертензией // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2009. № 2. С. 192–195.

УДК 582.632.1:630.181:57.04

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА ДЕФОЛИАЦИИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛГЛИКОЗИДОВ В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH.)

Колтунов Е.В., Яковлева М.И.

ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург,  
e-mail: evg\_koltunov@mail.ru

Уровень энтоморезистентности древостоев в лесных фитоценозах является важнейшим компонентом их устойчивости к насекомым-филлофагам. Поэтому изучение механизмов и факторов энтоморезистентности остается актуальным. Энтоморезистентность дифференцируется на конститутивную и индуцированную. Она включает как физические компоненты (шипики, трихомы, жесткость листа), так и биохимические (содержание в клетках вторичных метаболитов, обладающих дегеррентными свойствами). У лиственных древесных растений наибольшее значение в энтоморезистентности имеют фенольные соединения. Дефолиация инициирует быстрое возрастание индуцированной энтоморезистентности (быстрой и замедленной). Важную роль в защите листьев от насекомых-филлофагов выполняют фенолгликозиды. Поэтому целью исследований было изучение влияния фактора дефолиации на ежегодную динамику содержания в листьях березы повислой фенолгликозидов (арбутин, салицин, салидрозид) и влияние на них климатических факторов. Проведен также сравнительный анализ параметров конститутивной энтоморезистентности в ранее дефолированных насаждениях и контрольных (по группе фенолгликозидов). Для этих целей использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии в градиенте плотности. Как показали результаты, через 3 года после дефолиации древостоев березы повислой содержание фенолгликозида арбутина было наиболее высоким за весь период наблюдений. Это обусловлено функционированием механизма замедленной энтоморезистентности. В остальные годы содержание арбутина в контрольных древостоях всегда заметно превышало их содержание в дефолированных насаждениях. Сходные результаты получены и по другим фенолгликозидам, за исключением салицина, продолжительность реакции замедленной резистентности которого была на 1 год меньше. Следовательно, в межвспышечный период уровень конститутивной резистентности высокорезистентных древостоев заметно выше, чем в ранее дефолируемых. В год засухи содержание фенолгликозидов в контрольных насаждениях и ранее дефолированных снижается, в годы с повышенным ГТК – возрастает. Но абсолютное содержание фенолгликозидов в дефолированных насаждениях в основном достоверно ниже, чем в контрольных, а уровень ингибирования, вызванный абиотическим стрессом (засухой) – выше.

**Ключевые слова:** энтоморезистентность, дефолиация, фенолгликозиды, береза повислая

## THE INFLUENCE OF THE DEFOLIATION FACTOR AND CLIMATIC CONDITIONS ON THE DYNAMIC OF PHENOLIC GLYCOSIDES CONTENT IN THE LEAVES OF SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.)

Koltunov E.V., Yakovleva M.I.

Botanical Garden Ural Department of Russian Academy of sciences, Ekaterinburg,  
e-mail: evg\_koltunov@mail.ru

The level of entomoresistance of forest stands is most important component of their sustainability to insects-phytophages. Therefore, study of entomoresistance mechanisms is remains relevance. Entomoresistance is differentiated at constitutive and induced. It includes physical components (spines, trichomes, leaf stiffness), and biochemical (content of secondary metabolites that have deterrent properties). Phenolic compounds have greatest importance in entomoresistance of foliar plants. Therefore, aim of studies was investigations of defoliation factor influence on annual dynamics of phenolic glycosides content (arbutin, salicin, salidroside) in birch leaves and influence of climatic factors on them. Comparative analysis of constitutive entomoresistance parameters in previously defoliated plantations and control (based on phenolic glycosides) was also carried out. High-performance liquid chromatography in density gradient was used for these purposes. As results showed, 3 years after defoliation of birch stands, the content of arbutin was highest for entire observation period. This is due to functioning of delayed entomoresistance mechanism. In remaining years, content of arbutin in control stands always markedly exceeded their content in defoliated plantations. Similar results were obtained for other phenolic glycosides, with the exception of salicin, duration of delayed resistance reaction was 1 year less. Consequently, during population depression level of highly resistant stands constitutive resistance is markedly higher than in previously defoliated. In year of drought, phenolic glycosides content in control plantations, and previously defoliated, declines, in years with elevated HTC increases. But absolute content of phenolic glycosides in defoliated plantations is, in the main, significantly lower than in control plantations, and level of inhibition caused by abiotic stress (drought) is higher.

**Keywords:** entomoresistance, defoliation, phenolic glycosides, silver birch

Параметры энтоморезистентности древесных растений являются важнейшим компонентом их устойчивости к насекомым-филлофагам в условиях постоянного возрастания уровня и масштабов антропо-

генного воздействия. Поэтому изучение механизмов и факторов энтоморезистентности служит одним из важнейших направлений исследований во взаимоотношениях в системе: «дерево – насекомые» [1–3].

Параметры энтоморезистентности детерминируются сложной многофакторной системой [4–6]. Она дифференцируется на физическую и химическую защиту. К первой относится значительная жесткость листовой пластинки, наличие трихом, шипиков и эпикутикулярных восков на поверхности листьев растения [7]. Ко второй – содержание в листьях первичных и вторичных метаболитов [4, 5, 8]. Протективными свойствами против насекомых-филлофагов обладают аллелохимики из всех классов вторичных метаболитов: терпеноиды, фенолы, алкалоиды. У листовых древесных растений наибольшее значение в энтоморезистентности имеют фенольные соединения [4, 5]. Многие из них обладают антифидантными свойствами, или токсичностью. Фактор дефолиации инициирует быстрое возрастание индуцированной энтоморезистентности (быстрой и замедленной). Этот механизм препятствует сильной повторной дефолиации древостоев. Известно, что береза повислая имеет низкий уровень конститутивной энтоморезистентности, но высокий уровень энтомотолерантности [6]. На содержание фенольных соединений большое влияние оказывает комплекс абиотических и биотических факторов. Так, воздействие фактора абиотического стресса (засухи) снижает содержание фенольных соединений в листьях березы, ивы [9, 10]. Имеются и другие данные, которые показали, что воздействие засухи сопровождается возрастанием содержания фенолгликозидов у тополя черного (*Populus nigra*) [11]. Ранее показано, что фенолгликозиды выполняют важную роль в защите листьев от насекомых-филлофагов [12]. Они являются пищевыми детеррентами [13].

Цель исследования: учитывая важную роль фенолгликозидов в энтоморезистентности древесных растений целью исследований было изучение влияния фактора дефолиации на ежегодную динамику содержания в листьях березы повислой группы фенолгликозидов и влияние на них климатических факторов.

#### Материалы и методы исследования

Район очагов массового размножения непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) находится в березовых лесах Каменск-Уральского р-на Свердловской обл. Пробные площади располагались в березняках вблизи пос. «Покровское» (район очагов массового размножения непарного шелкопряда), контрольные – вблизи пос. Храмцовское, где фактор дефолиации полностью отсутствовал. Как показали исследования, в припоселковых березовых лесах средний уровень антропогенной трансформации высок (4 стадия) [1]. Основной источник антропогенного воздействия: рекреационная и пастбищная дигрессия. Уровень тех-

ногенного загрязнения, в основном, не превышает ПДК [14]. Сбор листьев березы повислой для хроматографического анализа проводился в затухших очагах массового размножения непарного шелкопряда на пробных площадях с 70%-ной дефолиацией крон в 2009 г. и за границей очагов, где отсутствовала дефолиация в сходных лесорастительных условиях. Взятие каждой пробы осуществлялось от нескольких деревьев. Первое взятие проб проводилось в 2012 г., затем ежегодно до 2017 г. При этом ежегодно пробы отбирались с одних и тех же деревьев, в одно и то же время (10 июня). Сразу после отбора проб собранные листья березы высушивали при комнатной температуре, затем размалывали. Навеску размолотых листьев (2 г) помещали в емкость с 50 мл этанола. Экстракцию фенольных соединений из листьев березы проводили в водяной бане с обратным холодильником 96% этиловым спиртом в течение 30 мин при кипении раствора. После этого суспензию центрифугировали при 10000 г в течение 10 мин и пропускали через шприцевой фильтр [0,45 мкм]. Хроматографический анализ проводили на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 со спектрофотометрическим УФ-детектором. Объем пробы – 20 мкл. Детектирование элюента осуществляли одновременно на двух полосах поглощения: [λ360/λ254] нм на хроматографической колонке PerfectSil Target ODS-3 5 мкм с обращенной фазой, размерами 250×4,6 мм. Градиентное элюирование проводилось, в диапазоне 10–50% со скоростью 1 мл в мин при температуре 40°C. Элюент А – ацетонитрил – 0,05 М фосфатный буферный раствор (pH = 3,0); элюент В – ацетонитрил – вода (9:1). Продолжительность хроматографического анализа составляла 50 мин. Из них от 0 до 30 мин проводилось градиентное элюирование в диапазоне 10–50%, затем в течение 20 мин при концентрации 50%. Для идентификации фенольных соединений использовались вещества-свидетели фирмы: Fluka, Sigma, Aldrich. Для идентификации хроматографических фракций использовался общепринятый метод на основе идентификации соединений по tR (время удерживания) и спектральное отношение параметров абсорбции [λ360/λ254] нм. Хроматографию каждой пробы проводили в трех повторностях. Затем рассчитывали среднее значение. Климатические условия изучали методом анализа гидротермических коэффициентов (ГТК) Селянинова. Статистическую достоверность полученных результатов определяли с помощью Т-критерия Стьюдента.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Как показали результаты хроматографического анализа, через 3 года после дефолиации древостоев березы повислой содержание фенолгликозида арбутина было наиболее высоким за весь период наблюдений (табл. 1).

Оно было выше, чем в контрольных древостоях, на 34,4%. По нашему мнению, это обусловлено последним годом функционирования механизма замедленной энтоморезистентности. По данным ряда авторов этот период продолжается в течение 3 лет после дефолиации крон деревьев [5]. При этом следует учесть, что

в течение всего сезона вегетации наблюдалась полная засуха в течение мая – августа (табл. 2). Это единственный год за весь период наблюдений, когда содержание арбутина в ранее дефолированных насаждениях было выше, чем в контрольных. В остальные годы содержание арбутина в контрольных древостоях всегда заметно превышало их содержание в дефолированных насаждениях. В 2013 г. произошло резкое снижение содержания арбутина и в контрольных, и в ранее дефолированных березняках. Это происходило на фоне засухи (табл. 2). Различия в содержании арбутина в контрольных и дефолированных насаждениях были статистически недостоверны. В следующем, 2014 г., содержание арбутина вновь значительно возрастает на фоне локальной майской засухи (ГТК = 0,41) и остальных летних месяцев с высокими ГТК (табл. 2). При этом содержание арбутина в листьях ранее дефолированных древостоев было на 25,9% ниже,

чем в контрольных (табл. 1). В 2015 г., на фоне ГТК мая выше нормы и июня – в норме (табл. 2), содержание всех фенолгликозидов возросло. Вновь содержание арбутина оказалось в контрольных насаждениях выше на 26,47%, по сравнению с дефолированными ранее древостоями (табл. 1). В 2016 г. различия оказались выражены еще значительнее. Содержание арбутина в дефолированных насаждениях было на 144,56% ниже, чем в контрольных. Климатические условия весенне-летнего сезона в этом году характеризовались полной засухой. В этой ситуации наиболее логичным объяснением столь значительных различий может быть выявленная нами ранее разная реакция контрольных и дефолируемых древостоев на засуху [6]. В 2017 г. на фоне ГТК выше нормы содержание арбутина в листьях березы в обоих вариантах вновь заметно возрастает. При этом содержание его в контроле почти в два раза выше, чем в ранее дефолируемых насаждениях.

**Таблица 1**

Влияние фактора дефолиации и климатических условий на динамику содержания фенолгликозидов в листьях березы повислой

Наименование соединения	Контроль п. Храмцовское (Абсорбция-mV) M ± SD	Дефолиация 70% в 2009 г. (п. Покровское) (Абсорбция-mV) M ± SD	T <sub>st</sub>	P
2012 г.				
Арбутин	285,31 ± 17,32	383,52 ± 43,48	4,32	0,0049
Салидрозид	61,87 ± 7,73	41,11 ± 4,88	4,98	0,0024
Салицин	41,7 ± 12,97	80,53 ± 11,82	4,42	0,0044
2013 г.				
Арбутин	112,95 ± 11,547	128,76 ± 11,42	1,93	0,100
Салидрозид	35,0 ± 3,464	28,28 ± 3,36	2,74	0,030
Салицин	88,33 ± 9,237	59,58 ± 5,228	5,417	0,0016
2014 г.				
Арбутин	283,67 ± 23,209	210,3 ± 9,128	5,88	0,0010
Салидрозид	38,54 ± 3,81	31,15 ± 3,464	2,87	0,028
Салицин	42,47 ± 3,464	35,17 ± 2,309	3,506	0,012
2015 г.				
Арбутин	297,42 ± 18,41	235,17 ± 14,22	4,29	0,0052
Салидрозид	46,17 ± 5,12	38,14 ± 4,16	2,81	0,029
Салицин	65,18 ± 7,81	54,61 ± 5,42	4,58	0,018
2016 г.				
Арбутин	247,42 ± 34,64	101,17 ± 23,094	7,015	0,0004
Салидрозид	34,48 ± 4,618	37,62 ± 5,773	0,84	0,428
Салицин	57,26 ± 7,257	51,33 ± 5,228	1,29	0,24
2017 г.				
Арбутин	355,8 ± 3,526	184,6 ± 10,987	29,67	0,0000
Салидрозид	72,12 ± 0,409	65,8 ± 0,208	27,04	0,0000
Салицин	113,7 ± 11,547	101,36 ± 6,35	1,94	0,099

**Таблица 2**  
Гидротермические коэффициенты  
весенне-летнего периода  
в Каменск-Уральском районе  
Свердловской обл. в 2010–2017 гг.  
(□) – засуха

Годы	Гидротермические коэффициенты Селянинова			
	Май	Июнь	Июль	Август
2010	0,93	0,6	0,52	0,73
2011	0,91	1,69	1,68	0,3
2012	0,65	0,75	0,39	0,79
2013	1,14	0,57	0,79	0,54
2014	0,41	1,5	1,88	0,96
2015	1,26	1,03	1,66	2,25
2016	0,33	0,71	0,66	0,49
2017	0,98	1,84	1,58	1,14

Полученные нами результаты позволяют предполагать, что арбутин может быть и компонентом конститутивной резистентности, и компонентом индуцированной резистентности. Соответственно, в межвспышечный период в высокорезистентных березовых древостоях его содержание заметно выше, чем в дефолиированных, с низкой энтоморезистентностью.

Анализ типа, уровня и характера реакции другого фенолгликозида: салидрозида демонстрирует определенные особенности. В 2012 г. это достоверное отсутствие позитивной реакции на фактор дефолиации и, соответственно, возрастание содержания этого соединения в контрольных насаждениях на 50,49%, по сравнению с ранее дефолиированными березняками (табл. 1). На этом основании можно предполагать, что через 3 года после 70%-ной дефолиации реакция замедленной энтоморезистентности у салидрозида отсутствовала на фоне полной весенне-летней засухи в 2012 г. В 2013 г. содержание этого соединения вновь было выше в контрольных насаждениях (без дефолиации) на 23,76% (табл. 1). Это происходило на фоне ГТК мая выше нормы и засушливых условий в июне (табл. 2). В следующем, 2014 г. это различие также сохранялось. Содержание салидрозида в контрольных березняках было выше на 23,72%, по сравнению с контролем. В 2015 г. содержание салидрозида оказалось выше в контроле на 21,05%. В 2016 г. различия в содержании салидрозида были статистически недостоверны. Это происходило на фоне полной весенне-летней засухи (табл. 2). В 2017 г. на фоне близкого к норме ГТК мая и значительно превышающего норму ГТК июня абсолютные параметры содержания салидрозида значительно воз-

росли, по сравнению с предыдущим годом, у контрольных березняков более, чем в 2 раза, у ранее дефолиированных – почти в два раза. При этом, различия в содержании салидрозида составляли 9,6%, т.е. – незначительную величину. Таким образом в целом большую часть периода наблюдений преобладание содержания салидрозида в контрольных насаждениях сохраняется, но уровень дифференциации по абсолютной величине был несколько ниже, чем у арбутина.

У салицина в 2012 г. уровень различий в содержании был очень значительным (почти двукратным) в сторону доминирования содержания в листьях ранее дефолиированных насаждений (табл. 1) на фоне умеренной засухи в мае и июне (табл. 2). Таким образом, через 3 года после дефолиации у салицина в листьях березы повислой регистрируется очень активная реакция вследствие замедленной энтоморезистентности. В 2013 г. на фоне ГТК мая выше нормы и засушливых условий в июне (табл. 2), реакция изменяется в противоположном направлении. Содержание салицина в контрольных древостоях становится выше (на 48,23%), по сравнению с ранее дефолиированными древостоями (табл. 1). Такой же тип и характер реакции сохраняется и в 2014 г. на фоне интенсивной майской засухи и резкого превышения нормы ГТК в июне (табл. 2). В 2015 г. на фоне ГТК выше нормы содержание салицина было на 19,36% больше, по сравнению с контролем. В 2016 г. на фоне полной весенне-летней засухи, с ГТК мая: 0,33, июня: 0,71 (табл. 2), различия в содержании салицина сохраняются (табл. 1). Наблюдается преобладание этого соединения в контрольных насаждениях, но различия были не очень значительны (на 11,55%).

### Заключение

Как показали результаты исследований, у двух из трех проанализированных фенолгликозидов продолжительность реакции замедленной индуцированной энтоморезистентности составляет 3 года после воздействия фактора дефолиации. Это арбутин и салицин. У салидрозида на 3 год этой реакции не выявлено. Также удалось установить, что климатические условия весенне-летнего периода оказывают значительное влияние на абсолютное содержание изученных фенолгликозидов. Оно заметно возрастает в условиях высоких уровней ГТК, значительно превышающих норму. Выявлено также заметное ингибирование активности фенолгликозидов при воздействии фактора абиотического стресса (весенне-летней засухи).

Список литературы

1. Бахвалов С.А., Колтунов Е.В., Мартемьянов В.В. Факторы и экологические механизмы популяционной динамики лесных насекомых-филлофагов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 358 с.
2. Колтунов Е.В., Яковлева М.И. Биохимические особенности конститутивной резистентности березы повислой (*Betula pendula* Roth.) к повреждению насекомыми-филлофагами в условиях антропогенного воздействия. Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14971> (дата обращения: 14.09.2018).
3. Sniezko R.A., Koch J. Breeding trees resistant to insects and diseases: putting theory into application. Biol. Invasions. 2017. vol. 19. P. 3377–3400. DOI 10.1007/s10530-017-1482-5.
4. Telford A., Cavers S., Ennos R.A., Cottrell J.E. Can we protect forests by harnessing variation in resistance to pests and pathogens? Forestry. 2015. vol. 88. P. 3–12. DOI: 10.1093/forestry/cpu012.
5. Austel N., Meiners T. Elm leaves «warned» by insect egg deposition reduce survival of hatching larvae by a shift in their quantitative leaf metabolite pattern. Plant Cell and Environment. 2015. vol. 39 (2). P. 366–376.
6. Dale A.G., Frank S.D. Warming and drought combine to increase pest insect fitness on urban trees. PLoS One. 2017. vol. 12 (3): e0173844. DOI: 10.1371/journal.pone.0173844.
7. Valkama E., Koricheva J., Salminen J.P., Helander M., Saloniemi I., Saikkonen K., Pihlaja K. Leaf surface traits: overlooked determinants of birch resistance to herbivores and foliar microfungi? Trees. 2005. vol. 19. P. 191–197.
8. Howe G.A., Jander G. Plant immunity to insect herbivores. Annu. Rev. Plant Biol. 2008. vol. 59. P. 41–66.
9. Кавеленова Л.М., Малыхина Е.В., Розно С.А., Смирнов Ю.В. К методологии экофизиологических исследований листьев древесных растений // Поволжский экол. журнал. 2008. № 3. С. 200–210.
10. War A.R., Paulraj M.G., Ahmad T., Buhroo A.A., Husain B., Ignacimuthu S., Sharma H.C. Mechanisms of Plant Defense against Insect Herbivores. Plant signaling and behavior. 2012. vol. 7 (10). P. 1306–1320.
11. Koricheva J., Basson S., Haukioja E. Insect performance on experimentally stressed woody plants: A meta-analysis. Annu. Rev. Entomol. 1998. vol. 43. P. 195–216.
12. Hemming J.D., Lindroth R.L. Effects of phenolic glycosides and protein on gypsy moth (*Lepidoptera: Lymantriidae*) and forest tent caterpillar (*Lepidoptera: Lasiocampidae*) performance and detoxication activities. Environ. Entomol. 2000. vol. 29. P. 1108–1115.
13. Hale B.K., Herms D.A., Hansen R.C., Clausen T.P., Arnold D. Effect of drought stress and nutrient availability on dry matter allocation, phenolic glycosides and rapid induced resistance of poplar to two *Lymantriid* defoliators. Journal of Chemical Ecology. 2005. vol. 31. P. 2601–2620.
14. Хамидулина М.И. Особенности реакции березняков Зауралья на вспышки массового размножения непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) в условиях техногенного загрязнения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2013. 26 с.

УДК 612.115.3

## ВЛИЯНИЕ АРГИНИН-СОДЕРЖАЩИХ ОЛИГОПЕПТИДОВ НА ПЕРВИЧНЫЙ И ПЛАЗМЕННЫЙ ГЕМОСТАЗ ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ЗДОРОВЫМ ЖИВОТНЫМ

<sup>1</sup>Ляпина Л.А., <sup>2</sup>Мясоедов Н.Ф., <sup>2</sup>Андреева Л.А., <sup>1</sup>Григорьева М.Е.,  
<sup>1</sup>Оберган Т.Ю., <sup>1</sup>Шубина Т.А., <sup>1</sup>Рогозинская Э.Я.

<sup>1</sup>ФГБОУ «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,  
Москва, e-mail: [lyapinal@mail.ru](mailto:lyapinal@mail.ru);

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт молекулярной генетики» РАН, Москва

Исследовано влияние аргинин-содержащих регуляторных пептидов Arg-Glu-Arg-Pro-Gly-Pro (RERP-GP) и Arg-Pro-Gly-Pro (RPGP) на процессы сосудисто-тромбоцитарного и плазменного гемостаза при их многократном (в течение 7 суток через каждые 24 часа) пероральном применении. Установлено, что через 24 часа после последнего 7-го введения пептидов агрегация тромбоцитов или имела тенденцию к снижению (RERP-GP), или достоверно снижалась на 18% (RPGP). При этом параметры плазменного гемостаза претерпевали следующие изменения: достоверно повышалась фибринолитическая активность как в отсутствие ингибиторов ферментативного фибринолиза по данным времени лизиса эуглобулинового сгустка, так и в их присутствии при использовании фибриновых пластин. Отмечено значительное повышение неферментативной фибринолитической активности плазмы, а также активности тканевого активатора плазминогена (в присутствии плазменных ингибиторов ферментативного фибринолиза), особенно после воздействия RPGP. Антикоагулянтная активность (по тестам активированного частичного тромбопластинового времени и тромбинового времени) не снижалась по сравнению с контролем, а имела тенденцию к повышению в случае многократного применения обоих пептидов. Отмечено, что пероральное применение обоих пептидов способствует появлению антифибринстабилизирующей активности в кровотоке. При этом концентрация фибриногена плазмы крыс не изменялась при применении RPGP и несколько повышалась при использовании RERP-GP, что требует проведения дополнительных исследований.

**Ключевые слова:** аргинин, регуляторные пептиды, фибринолиз, фибриноген, кровь, гемостаз, агрегация тромбоцитов

## INFLUENCE ARGININEMIA OLIGOPEPTIDES IN THE PRIMARY AND PLASMA HEMOSTASIS WHEN ADMINISTERED ORALLY TO HEALTHY ANIMALS

<sup>1</sup>Lyapina L.A., <sup>2</sup>Myasoedov N.F., <sup>2</sup>Andreeva L.A., <sup>1</sup>Grigoreva M.E.,  
<sup>1</sup>Obergan T.Yu., <sup>1</sup>Shubina T.A., <sup>1</sup>Rogozinskaya E.Ya.

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: [lyapinal@mail.ru](mailto:lyapinal@mail.ru);

<sup>2</sup>Institute of molecular genetics RAS, Moscow

The influence arginine-containing regulatory peptides Arg-Glu-Arg-Pro-Gly-Pro (RERP-GP) and Arg-Pro-Gly-Pro (RPGP) on the processes of vascular-platelet and plasma hemostasis with their multiple (within 7 days every 24 hours) oral administration. It was found that platelet aggregation either tended to decrease (RERP-GP), or significantly decreased by 18% (RPGP) 24 hours after the last 7-th administration of peptides. At the same time, the parameters of plasma hemostasis underwent the following changes: fibrinolytic activity was significantly increased both in the absence of enzymatic fibrinolysis inhibitors according to the time of the euglobulin clot lysis and in their presence when using fibrin plates. There was a significant increase in the non-enzymatic fibrinolytic activity of plasma, as well as the activity of tissue plasminogen activator (in the presence of plasma inhibitors of enzymatic fibrinolysis), especially after exposure to RPGP. Anticoagulant activity (according to tests of activated partial thromboplastin time and thrombin time) did not decrease compared to the control, but tended to increase in the case of repeated use of both peptides. Noted that oral administration of both peptides contributes to the emergence of antifibrin stabilizing activity in the bloodstream. The fibrinogen concentration of the plasma of the rats was not changed when applying RPGP and somewhat increased when using RERP-GP that requires additional research.

**Keywords:** arginine, regulatory peptides, fibrinolysis, fibrinogen, blood, hemostasis, platelet aggregation

Известно, что регуляторные пептиды глипролинового ряда обладают антикоагулянтной и фибринолитической активностью неферментативной природы [1, 2]. При внутривенном и интраназальном применении пептидов Pro-Gly-Pro, Pro-Gly, Gly-Pro в крови обнаруживаются антикоагулянтные эффекты и повышается фибринолитическая активность ферментативной и неферментативной природы благодаря присутствию этим

пептидам указанным свойствам. Их антикоагулянтная активность обусловлена ингибированием активности тромбина, а фибринолитическая – способностью вызывать эндотелий-зависимую реакцию, вследствие чего в кровоток выделяются факторы, способствующие активации противосвертывающих свойств крови [3]. Из большого числа биологически активных веществ, секретруемых эндотелием, оксид азота регулирует

активность других медиаторов: стимулирует продукцию эндотелием простаглицина, который ингибирует адгезию тромбоцитов к эндотелию и их агрегацию [4, 5], повышает тромборезистентность сосудов [6], блокируя стимулируемую цитокинами экспрессию адгезивных молекул эндотелия (СAM-1, Е-селектин, МСР) и экспрессию фактора, активирующего тромбоциты [7, 8]. Активация тромбоцитов приводит не только к развитию острого артериального тромбоза [9], но и способствует возникновению хронических заболеваний, таких как атеросклероз, метаболический синдром [10]. Установлено также, что сосудистый эндотелий выделяет в кровоток тканевой активатор плазминогена, приводящий к развитию фибринолитического процесса, ряд гликозаминогликанов, в том числе антикоагулянт гепарин и другие вазодилататоры [11].

Регуляторные пептиды глипролинового ряда, содержащие аргинин, должны обладать более значительной антитромботической активностью, нежели глипролины, не включающие эту аминокислоту в свою структуру, поскольку аргинин способствует значительному выбросу из эндотелия сосудов антитромботических компонентов [12]. Кроме того, не исследовано действие пептидов глипролинового ряда, включающих аргинин, на систему гемостаза при их пероральном применении здоровым животным.

Цель исследования заключалась в изучении влияния двух аргинин-содержащих пептидов глипролинового ряда – Arg-Glu-Arg-Pro-Gly-Pro (RERPGP) и Arg-Pro-Gly-Pro (RPGP) на состояние первичного (сосудисто-тромботического) и плазменного (коагуляционного) гемостаза при их многократном пероральном введении здоровым животным.

#### Материалы и методы исследования

В работе были использованы препараты пептидов глипролинового ряда, содержащие аргинин, – RERPGP и RPGP, синтезированные в Институте молекулярной генетики РАН.

В качестве подопытных животных использовались лабораторные белые крысы-самцы линии Вистар массой тела 250–280 г, которые относились к старшим возрастным группам. Все эксперименты на животных проводились в соответствии с этическими принципами и документами, рекомендованными Европейским Научным Фондом и Хельсинкской Декларацией о гуманном отношении к животным. Всего в экспериментах было использовано 25 животных. Животные были разделены на 3 группы: первой группе (контроль, n = 9) вводили физиологический раствор (0,85 %-ный раствор NaCl), второй группе (опыт 1, n = 8) – пептид RERPGP, третьей группе (опыт 2, n = 8) – пептид RPGP. Пептиды впервые вводились пероральным способом в дозах 100 мкг/кг массы тела крыс в течение 7 суток через каждые 24 часа.

Исследуемые пептиды, предварительно разведенные в 0,85 %-ном физиологическом растворе NaCl, вводили каждому животному в объеме 0,2 мл. Взятие крови осуществляли через яремную вену (*vein jugularis*) через 24 часа после последнего 7-го введения препаратов. Кровь брали с использованием в качестве консерванта 3,8 %-ного раствора цитрата натрия в соотношении кровь: консервант, как 9: 1. Образцы крови центрифугировали в двух режимах: сначала при 1000 об/мин в течение 5 мин (для получения богатой тромбоцитами плазмы) и затем при 3000 об/мин в течение 10–12 мин (для получения бедной тромбоцитами плазмы). В богатой тромбоцитами плазме измеряли агрегацию тромбоцитов. В бедной тромбоцитами плазме крови определяли следующие биохимические параметры: для характеристики антикоагулянтной активности плазмы – активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ) и тромбиновое время (ТВ); для характеристики системы фибринолиза – суммарную фибринолитическую активность (СФА), фибриндеполимеризационную или неферментативную фибринолитическую (НФ) активность, параметры ферментативного фибринолиза – активность тканевого активатора плазминогена (ТАП) и время лизиса эуглобулинового сгустка (ВЛЭС). Производили также измерение активности фактора XIIIa (фибринстабилизирующего фактора) и концентрации фибриногена [13].

Полученные данные были подвергнуты статистической обработке по непараметрическому критерию Манна – Уитни (STATISTICA 8.0).

#### Результаты исследования и их обсуждение

При изучении первичного гемостаза через 24 часа после последнего седьмого перорального введения аргинин-содержащих регуляторных пептидов здоровым животным установлено снижение агрегации тромбоцитов по сравнению с контролем на 18 %, что выявлено при действии пептида RPGP и на 9 %, что наблюдалось при действии RERPGP (таблица).

Представленные результаты свидетельствовали не только об антитромботической активности аргинин-содержащих пептидов RERPGP и особенно RPGP в кровотоке, но и об отсутствии появления даже малейших признаков тромбоцитопении в ответ на вводимые пептиды глипролинового ряда, что имеет немаловажное значение для организма. Эти результаты указывают на безопасность и перспективность дальнейшего использования аргинин-содержащих пептидов. Известно, что широко применяемый в клинике антикоагулянтный препарат высокомолекулярного гепарина может вызвать в крови появление тромбоцитопении [14]. В наших же исследованиях, напротив, более короткий аргинин-содержащий пептид глипролинового ряда RPGP достоверно препятствует процессам склеивания кровяных телец, что считается начальной стадией формирова-

ния тромба. Как установлено [7, 8], возникновение процессов образования тромбов осуществляется путем соединения друг с другом тромбоцитов, которые прикрепляются к стенке кровеносного сосуда (адгезия), куда затем вовлекаются другие компоненты биологической жидкости. В итоге образуется большой тромб, закрывающий поступление крови в сосуд [15]. Нами впервые показано, что перорально вводимые аргинин-содержащие пептиды блокируют вышеописанный процесс начальных стадий образования фибриновых сгустков.

По результатам наших исследований оба аргинин-содержащих пептида предупреждают также развитие коагуляционного или плазменного гемостаза. Об этом свидетельствуют следующие данные: через 24 часа после семикратного перорального введения пептидов СФА, ее НФ достоверно повышались на 43–80%, причем наибольший эффект наблюдался при действии более короткого пептида RPGP (таблица). Эти активности проявлялись даже в присутствии в плазме крови крыс ингибиторов ферментативного фибринолиза. На подобное возрастание фибринолитического процесса указывают и данные ВЛЭС, а именно, наступление лизиса фибринового сгустка по сравнению с контролем ускорено в опытных пробах, но уже в отсутствие ингибиторов ферментативного фибринолиза после введения RERPGP (на 21%) и RPGP (на 33%). Что касается ФФ и активности ТАП в присутствии ингибиторов ферментативного фибринолиза, то показано, что пептид RPGP оказывает значительный ферментативный фибринолитический эффект, повышая ТАП и ФФ на 50 и 53% соответственно, в то время как пептид RERPGP усиливает ТАП на 23%, при этом слабо влияя на ФФ (таблица).

Представляют интерес данные, полученные по заключительной стадии процесса образования фибрина. Нами показано, что оба пептида снижают активность фактора XIII а (фибринстабилизирующего фактора). Кроме того, выявлено или уменьшение концентрации фибриногена, как это наблюдается при применении пептида RPGP, или же достоверное ее повышение после действия пептида RERPGP. Вероятно, наблюдаемое повышение уровня фибриногена может быть объяснено возрастными изменениями крыс. Используемые в экспериментах животные находились в нормальном физиологическом состоянии, но имели исходный уровень фибриногена, соответствующий верхней границе нормы (свыше 4 г/л). Результаты этих экспериментов

показывают, что при применении пептида RERPGP следует учитывать, что он может вызвать некоторое, хотя и недостоверное, повышение концентрации фибриногена в старших возрастных группах. Однако это требует в дальнейшем детального изучения. Тем не менее указанные пептиды глипролинового ряда, содержащие аргинин, способны предотвращать процессы повышенной свертываемости крови за счет своего фибринолитического эффекта ферментативной и неферментативной природы. Они не увеличивают агрегацию тромбоцитов и не снижают антикоагулянтную активность плазмы крови, что установлено по тестам АЧТВ и ТВ.

Таким образом, наши эксперименты показали эффективность действия аргинин-содержащих пептидов глипролинового ряда на процессы первичного и плазменного гемостаза при их многократном пероральном введении животным (крысам). Следует отметить способность указанных пептидов предупреждать начальные стадии процесса тромбообразования за счет присущих им антитромбоцитарных, антикоагулянтных и фибриндеполимеризационных свойств. Они также вызывают в кровотоке активацию ферментативного фибринолитического процесса путем выброса из эндотелия сосудов тканевого активатора плазминогена, вследствие чего наблюдается повышенный уровень всех видов фибринолитической активности крови.

Ранее было установлено, что регуляторные пептиды глипролинового ряда обладают антикоагулянтной и фибринолитической активностью неферментативной природы не только в условиях *in vitro*, но и при их внутривенном и интраназальном применении [2, 3]. Мы показали, что исследуемые нами пептиды глипролинового ряда с добавлением аргинина в структуру их молекул оказывают в кровотоке подобные эффекты и при пероральном многократном их введении в организм.

В последние годы регуляторные пептиды глипролинового ряда, такие как Семакс, Селанк, применяются в качестве лекарственных препаратов. Описано участие пептидов глипролинового ряда в нормальном функционировании не только системы гемостаза, но и других систем организма (пищеварительной, нервной) [2, 3]. В то же время регуляторные пептиды глипролинового ряда с добавлением тех или иных аминокислот могут использоваться при разработке терапевтических препаратов или включаться в системы для доставки активных веществ в клетки-мишени организма.

Исследование агрегации тромбоцитов; фибринолиза – по тестам определения суммарной фибринолитической активности (СФА), неферментативного фибринолиза (НФ), ферментативного фибринолиза (ФФ), по времени лизиса эуглобулинового сгустка (ВЛЭС) и активности тканевого активатора плазминогена (ТАП); антикоагулянтной активности по тестам активированного частичного тромбопластинового времени (АЧТВ), тромбинового времени (ТВ); концентрации фибриногена (Ф) и активности фактора XIIIа в плазме крови крыс через 24 часа после последнего 7-го перорального введения здоровым крысам пептидов RERPGP и RPGP в ежедневной дозе 100 мкг/200 г массы тела (M ± m)

Параметры гемостаза	Группа 1 – контроль (введен 0,85%-ный NaCl)	Группа 2 – опыт 1 (введен RERPGP)	Группа 3 – опыт 2 (введен RPGP)
Агрегация тромбоцитов, %	100 ± 6,8	91,4 ± 7,4	82,0 ± 2,8**
СФА, мм <sup>2</sup> (%)	30,0 ± 0,7 (100%)	42,3 ± 1,3** (143%)	51,5 ± 1,3** (174%)
НФ, мм <sup>2</sup> (%)	18,9 ± 0,4 (100%)	25,5 ± 1,0** (157%)	34,3 ± 0,9** (180%)
ФФ, мм <sup>2</sup> (%)	11,2 ± 1,1 (100%)	13,8 ± 0,9* (123%)	17 ± 2,0** (153%)
ВЛЭС, мин (%)	52,3 ± 9,7 (100%)	41,7 ± 16,6* (79%)	35,9 ± 1,5** (67%)
ТАП, мм <sup>2</sup> (%)	51,0 ± 13,7 (100%)	53,0 ± 14,1 (104%)	97,0 ± 27,7** (150%)
АЧТВ, с (%)	30,4 ± 1,6 (100%)	31,7 ± 1,5 (105,4%)	31,0 ± 0,9 (106%)
ТВ, с (%)	20,0 ± 2,3 (100%)	18,0 ± 1,1 (90%)	20,2 ± 0,5 (101%)
Концентрация фибриногена, г/л (%)	4,3 ± 0,1 (100%)	5,4 ± 0,2 (126%)	3,7 ± 0,3 (86%)
Активность фактора XIII а, ед. (%)	62,5 ± 1,42 (100%)	57,5 ± 1,13* (92%)	50 ± 2,42** (80%)

Примечание: статистические показатели рассчитаны относительно соответствующих проб контроля. Обозначения: \*\* – p < 0,01, \* – p < 0,05.

Делая общее заключение, необходимо отметить, что атравматичный (пероральный) способ применения исследуемых пептидов позволяет считать их перспективными лекарственными средствами с положительными для организма анти-тромбоцитарными, антикоагулянтными, фибриндеполимеризационными, антифибринстабилизирующими и ферментативными фибринолитическими свойствами.

### Выводы

1. Впервые показано, что перорально вводимые аргинин-содержащие регуляторные пептиды Arg-Glu-Arg-Pro-Gly-Pro (RERPGP) и Arg-Pro-Gly-Pro (RPGP) оказывают ингибирующее влияние на процессы сосудисто-тромбоцитарного и плазменного гемостаза при их многократном (в течение 7 суток через каждые 24 часа) применении.
2. Установлены антитромбоцитарные эффекты исследуемых пептидов, поскольку после их введения агрегация тромбоцитов или имела тенденцию к снижению (RERPGP), или достоверно снижалась на 18% (RPGP). Полученные данные свидетель-

ствуют об отсутствии возникновения в ответ на применяемые препараты пептидов такого отрицательного для организма явления, как тромбоцитопения.

3. Выявлено, что после многократного перорального введения пептидов здоровым крысам повышался фибринолитический потенциал крови: возрастали фибринолитическая активность ферментативной и неферментативной природы, а также активность тканевого активатора плазминогена.

4. Обнаружено, что по тестам активированного частичного тромбопластинового и тромбинового времени исследуемые аргинин-содержащие пептиды повышают антикоагулянтные свойства крови.

5. Исследование заключительной стадии свертывания крови у здоровых крыс после перорального применения аргинин-содержащих глипролиновых пептидов указывает также на их ингибирующий эффект в отношении фибринстабилизирующего фактора. Концентрация фибриногена снижалась при применении более короткого пептида RPGP, однако она недостовер-

но повышалась лишь при использовании RERPGP, что требует проведения дополнительных исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КИАС-РФФИ № 18-04-00260.*

#### Список литературы

1. Андреева Л.А., Мясоедов Н.Ф., Ляпина Л.А., Григорьева М.Е., Оберган Т.Ю., Шубина Т.А. Действие пептида PRO-GLY-PRO на параметры гемостаза и жировой обмен в условиях гиперхолестеринемии у крыс // Доклады АН. 2013. Т. 453. № 3. С. 346–349.
2. Ашмарин И.П. Патологическая физиология и биохимия: учебное пособие для вузов. М.: Экзамен. 2005. 478 с.
3. Myasoedov N.F., Lyapina L.A., Grigorjeva M.E., Obergan T.Y., Shubina T.A., Andreeva L.A. Mechanism for glyproline protection in hypercholesterolemia. *Pathophysiology*. 2016. vol. 23. no. 1. P. 27–33.
4. Heiss C., Rodriguez-Mateos A., Kelm M. Central role of eNOS in the maintenance of endothelial homeostasis. *Antioxidants & redox signaling*. 2015. vol. 22. no. 14. P. 1230–1242.
5. Vieceli Dalla Sega F., Aquila G., Fortini F., Vaccarezza M., Secchiero P., Rizzo P., Campo G. Context-dependent function of ROS in the vascular endothelium: The role of the Notch pathway In Development-A New Paradigm for Understanding Vascular Disease. *Biofactors*. 2017. Apr. 17. DOI: 10.1002.
6. Trashkov A.P., Kovalenko A.L., Vasil'ev A.G., Valeev V.V. L-arginine as dietary supplement for improving microvascular function. *Pathophysiological and clinical aspects of using L-arginine in cardiology and angiology. Angiol. Sosud. Khir.* 2016. vol. 22. no. 3. P. 9–15.
7. Кузник Б.И. Клеточные и молекулярные механизмы регуляции системы гемостаза в норме и патологии. Чита: Экспресс издательство. 2010. 832 с.
8. Кузник Б.И., Хавинсон В.Х., Тарновская С.И., Линькова Н.С. Эпигенетическое действие регуляторных пептидов на цитокиновый профиль и систему гемостаза // Вестник гематологии. 2013. Т. 9. № 2. С. 29–33.
9. Бокарев И.Н., Попова Л.В. Современные представления о тромбофилиях // Тромбы, кровоточивость и болезни сосудов. 2014. № 13. С. 5–12.
10. Xiao C., Hsieh J., Adeli K., Lewis G.F. Gut-liver interaction in triglyceride-rich lipoprotein metabolism. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2011. vol. 301. P. E429–E446.
11. Kramkowski K., Leszczynska A., Buczko W. Pharmacological modulation of fibrinolytic response – in vivo and in vitro studies. *Pharmacol Rep.* 2015. vol. 67. no. 4. P. 695–703. DOI: 10.1016/j.pharep.2015.05.022.
12. Freedman J.E., Loscalzo J. Nitric oxide and its relationship to thrombotic disorders. *J. Thromb. Haemost.* 2003. no. 1. P. 1183–1188.
13. Ляпина Л.А., Григорьева М.Е., Оберган Т.Ю., Шубина Т.А. Теоретические и практические вопросы изучения функционального состояния противосвертывающей системы крови. М: Адвансед Солюшнз, 2012. 160 с.
14. Casu B., Naggi A., Torri G. Re-visiting the structure of heparin. *Carbohydr Res.* 2015. vol. 403. P. 460.
15. Spezia L., Tormene D., Pesavento R., Salmaso P., Simioni P., Prandoni P. Thrombophilia as a predictor of persistent residual vein thrombosis. *Haematologica*. 2008. vol. 93. P. 479–480.

УДК 574.587

## ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВ ХИРОНОМИД (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) РЕКИ КАДАЛИНКА

Салтанова Н.В.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, e-mail: saltnat@yandex.ru*

В статье показаны результаты исследования хирономидофауны р. Кадалинка, которая является одной из малых рек бассейна Верхнего Амура. Представлена гидрологическая, климатическая, гранулометрическая характеристика реки и закономерности продольного распределения личинок хирономид в ней от истока до устья. Рассмотрены закономерности изменения качественных и количественных показателей личинок комаров-звонцов в зависимости от типа биотопа (грунта и обрастаний), скорости течения и расположения участка реки в определенной зоне. Отмечены фоновые закономерности формирования сообществ хирономид и антропогенное воздействие на них. В работе были использованы стандартные методы исследования личинок насекомых. Пробы отбирались в течение трех лет на всем продольном профиле реки. Определялся таксономический состав хирономидофауны, количественные показатели личинок, структура сообществ. Также вычислялся хирономидный индекс, с помощью которого устанавливался тип участка реки: горный, предгорный, равнинный. Хирономиды встречались на всех биотопах и при любых условиях. При этом в большинстве случаев они являлись доминирующей по численности группой бентоса, составив 72% численности и 35% биомассы. Всего на реке было выделено 9 биотопов, отличающихся друг от друга характером грунта, типом обрастаний, температурой, скоростью течения и, соответственно, сообществом личинок комаров-звонцов. Для каждого биотопа была выделена структура сообществ хирономид, доминирующие виды, а также определены значения численности и биомассы. Личинки хирономид, как и в целом макрозообентос, отдают предпочтение стабильным грунтам с различными обрастаниями. Наименее благоприятными для них являются каменистые грунты без обрастаний и промывные пески. Всего было отмечено 77 видов и форм хирономид из пяти подсемейств. В р. Кадалинка численность хирономид колебалась от 32 до 15840 экз/м<sup>2</sup>, биомасса – от 0,02 до 13,28 г/м<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** личинки хирономид, структура сообществ, биотопы, хирономидный индекс, численность, биомасса

## CHARACTERISTICS OF CHIRONOMID COMMUNITY (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) IN THE KADALINKA RIVER

Saltanova N.V.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, e-mail: saltnat@yandex.ru*

The article shows the results of a study of Chironomidae in the river Kadalinka, which is one of the small rivers in the Upper basin of the Amur river. The hydrological, climatic, granulometric characteristics of the river and the regularities of longitudinal distribution of chironomid larvae in it from source to mouth are presented. The regularities of changes in qualitative and quantitative indicators of larvae of mosquito-bells depending on the type of biotope (soil and fouling), the flow rate and the location of the river in a certain area are considered. Noted background regularities of the formation of communities of chironomids and anthropogenic influence on them. Standard methods of research of insect larvae were used in the work. The samples were taken for three years on the whole longitudinal profile of the river. Determined the taxonomic composition of Chironomidae, the quantity of larvae, community structure. Also calculated Chironomidae index, which establishes the type of river segment: mountain, foothills and plains. Midges were found on all habitats and under all conditions. In most cases, however, they were the dominant benthic group, accounting for 72 per cent of the population and 35 per cent of the biomass. In total, 9 biotopes were isolated on the river, which differ from each other by the nature of the soil, type of fouling, temperature, flow rate and, accordingly, the community of mosquito-bellers. For each biotope was selected the community structure of chironomids, the dominant species and the values of abundance and biomass. Larvae of chironomids, as well as macrozoobenthos, prefer stable soils with different fouling. The least favorable for them are rocky soils without fouling and washing sands. A total of 77 species and forms of chironomides from five subfamilies were noted. In the Kadalinka river, the number of chironomides ranged from 32 to 15840 ECZ / m<sup>2</sup>, biomass-from 0.02 to 13.28 g/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** chironomid larvae, community structure, biotopes, chironomid index, number, biomass

Личинки комаров-звонцов, или хирономиды, – одна из самых распространенных групп донных организмов. Обычно они являются доминирующей составляющей зообентоса по видовому составу и численности, реже по биомассе, внося значительный вклад в структуру сообществ.

Река Кадалинка – это одна из малых рек бассейна Верхнего Амура в Забайкальском крае, которые являются наиболее

многочисленными и наименее изученными водотоками. При этом режим малых рек отражает специфические региональные условия, что в свою очередь влияет на таксономическую и трофическую структуру макрозообентоса [1].

Истоки реки начинаются в отрогах Яблонового хребта на высоте 1150 м, устье впадает в оз. Кенон на высоте 653,6 м н.у.м. Протяженность реки составляет 27 км, а площадь

бассейна – 86 км<sup>2</sup>. На водосборе имеется пять притоков общей протяженностью 15 км.

Кадалинку по геологии местности можно разделить на три участка: верхний, средний и нижний. При этом первые два находятся на гористой местности, в средней части которой расположено урочище Дворцы. Нижний же участок расположен в более пологой степной зоне [2].

Климат типичный для Забайкалья – резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет –3,1 °С, среднемесячная температура: в январе –27,7 °С, в июле +18,8 °С.

Осадков за год в среднем выпадает 375 мм, из них за теплый сезон (май – сентябрь) – 320 мм. Ледостав на Кадалинке начинается в конце сентября – начале октября. Вскрытие реки происходит в конце апреля – начале мая.

Гидрологические показатели во многом зависят от количества выпавших атмосферных осадков, стока подземных вод, таяния многолетней мерзлоты. Глубина реки в межень составляет 0,2–0,3 м, в период паводка быстро увеличивается до 0,5–1,0 м, затопливая низкую пойму. Ширина реки в некоторых участках достигает 5 м. Зимой река может промерзнуть до дна и образовывать наледи.

Температура воды изменяется по мере протекания реки. Наименьших значений она достигает в истоке (2–4 градуса), наибольшего – в устье, поднимаясь до 25 градусов. Более высокие температуры воды в устье реки связаны не только с естественными закономерностями, но и с тем, что при смешивании воды р. Кадалинка с водой, поступающей в эту часть реки из оз. Кенон, которое является водоемом охладителем Читинской ТЭЦ-1, идет подогрев воды за счет более теплых вод озера.

Минерализация наименьших значений достигает в среднем течении (102,3 мг/л), наибольших в нижнем (до 1182 мг/л) [3]. Значительное увеличение минерализации на нижнем участке связано с разгрузкой вод золошлакоотвала Читинской ТЭЦ-1. А также с наличием промышленных и гражданских застроек, эродированных земель.

Характер грунта меняется по продольному профилю. В верхнем течении грунты в основном валунные, в среднем течении каменистые и каменисто-песчаные, на плесах отмечается небольшое заиление. В нижнем течении отмечены каменистые грунты с небольшим наилоком, а также каменисто-песчаные, в устье – промывные пески.

Цель исследования: установление структуры сообществ хирономид, закономерности их качественных и количественных показателей по продольному профилю р. Кадалинка.

## Материалы и методы исследования

Продольное распределение сообществ хирономид на р. Кадалинка было исследовано от истока до устья реки на 13 станциях с мая по сентябрь 2007, 2008, 2009 гг., на трех участках, выделенных на основе геологического строения: 1, 2, 3 станции относятся к верхнему течению, 4, 5, 6, 7, 8, 9 – к среднему, 10, 11, 12, 13 – к нижнему течению.

Пробы отбирались с помощью складного бентометра или смывов с камней. В устьевой части использовался дночерпатель Петерсена. Отобранные пробы фиксировали 4%-ным раствором формалина. Для хранения использовали пластиковые контейнеры и полиэтиленовые пакеты [4, 5]. Также отбирались качественные пробы.

Дальнейшая обработка проводилась в лабораторных условиях по стандартным методикам.

После разбора всей пробы, представители каждой группы просчитывались. Затем организмы взвешивались на торсионных весах с точностью до 0,02 г.

Данные по количественным пробам заносились в таблицу. При расчете численности и биомассы на 1 м<sup>2</sup> учитывалось количество проб, объединенных на одной станции, и коэффициенты пересчета. Хирономиды определялись до вида или рода [6].

При определении структуры сообщества использовалась классификация А.М. Чельцова-Бабутова в модификации В.Я. Леванидова, по которой доминанты от общей численности составляют 15% и более, субдоминанты – 5,0–14,9%, второстепенные виды – 1–4,9%, третьестепенные – менее 0,1%.

Для оценки структуры сообществ хирономид использовался хирономидный индекс  $I_{ch}$ , учитывающий соотношение видов из подсемейства Orthocladiinae к числу видов подсемейства Chironominae [6]. При преобладании в водотоке представителей Orthocladiinae индекс достигает значений выше единицы, что характеризует реку как горную или предгорную, если же доминируют представители Chironominae, то он был ниже единицы. С помощью данного индекса можно характеризовать реку, или станцию, как равнинную, предгорную или горную, а также уровень загрязнения реки [7].

## Результаты исследования и их обсуждение

Всего на р. Кадалинка было отмечено 77 видов и форм хирономид из пяти подсемейств: Podonominae (2), Tanypodinae (5), Diamesinae (3), Orthocladiinae (52), Chironominae (17). В р. Кадалинка в отличие от других рек наблюдается преобладание представителей подсемейства Orthocladiinae (67%), меньшую долю составляют Chironominae (22%), представители подсемейств Tanypodinae (6%), Diamesinae (4%), Podonominae (3%) [8].

В р. Кадалинка в течение всего отбора проб личинки хирономид составили доминирующую группу организмов, составив 72% численности и 35% биомассы от общего бентоса. Именно эта группа насекомых отмечалась на каждой станции и в любое время года. То есть именно личинки комаров-звонцов вносят значительный вклад в зообентос реки.

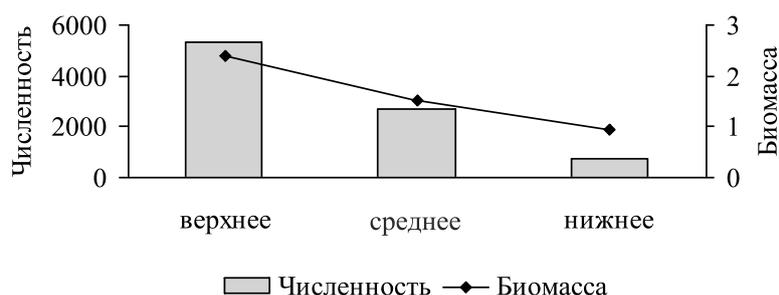


Рис. 1. Продольное распределение численности (экз/м<sup>2</sup>) и биомассы (г/м<sup>2</sup>) хирономид в р. Кадалинка

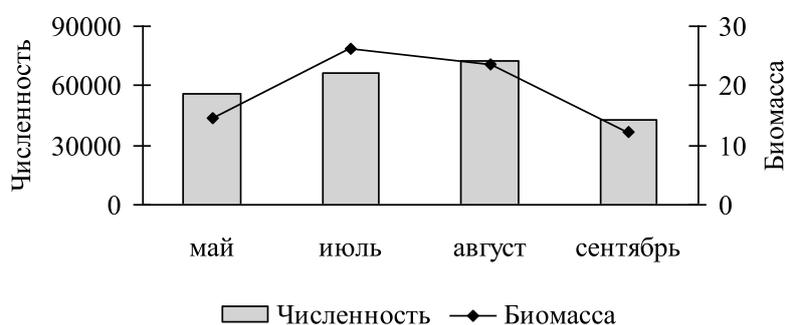


Рис. 2. Сезонная динамика численности (экз/м<sup>2</sup>) и биомассы (г/м<sup>2</sup>) хирономид р. Кадалинка

Количественные показатели на выделенных участках реки имели отличия: численность и биомасса хирономид от истока к устью уменьшаются (рис. 1) [8].

В течение периода исследований наибольшая численность хирономид была отмечена в середине августа за счет молоди хирономид, наибольшая биомасса – в начале июля перед вылетом насекомых (рис. 2). Количественные показатели хирономид изменялись достаточно плавно, без резких скачков, что связано с постепенным вылетом насекомых в течение всего сезона. Однако наибольшее количество куколок и имаго отмечено в июле.

Сообщества хирономид характеризовались не по станциям, а были рассмотрены на 9 выделенных биотопах, так как некоторые станции имели одинаковые грунты и были объединены в один тип.

*Валунный грунт с «моховыми подушками».* Данный биотоп отмечен в верховье реки. Валунны имели обрастания мха, нитчатых водорослей, иногда колоний носток, небольшие илистые отложения, что связано с замедлением скорости течения в моховой подушке и активной жизнедеятельностью

организмов, обитающих в ней. На данном биотопе складываются наиболее благоприятные условия для развития хирономид. Численность и биомасса хирономид достигали здесь наибольших значений: 14783 экз/м<sup>2</sup> и 4,18 г/м<sup>2</sup>. Хирономидофауна была представлена 24 видами. Основу сообществ составили личинки *Pseudokieffiriella parva* (46%), *Chaetocladius* gr. *dentiforceps* (25%), *Orthocladius* sp. (18%), в группу субдоминантов вошли *Eukieffiriella* gr. *cyanea* (9%). I<sub>ch</sub> на биотопе имеет высокое значение – 7, что характеризует станцию как горную или предгорную.

*Бочаги* – ямы с практически стоячей водой и валунным грунтом с обрастаниями колоний носток, которые находятся в верхнем течении. Глубина в подобных бочагах больше, чем в основном русле, скорость течения здесь замедляется, в результате чего ненамного, но повышается температура воды, количество взвешенных веществ и тонкодисперсных грунтов. Количественные и качественные показатели здесь достаточно низкие. Численность и биомасса составили 2311 экз/м<sup>2</sup> и 0,55 г/м<sup>2</sup>. Хирономидофауна представлена 9 видами. Основу сообществ

составили личинки *Chonchapelopia* sp. и *Cricotopus* sp. по 40%, чуть меньшую долю составили личинки *Orthocladius* sp. (20%).  $I_{ch}$  имел меньшее значение, чем на истоке – 3.

**Каменистые грунты с обрастаниями мхов, водорослей и колоний носток.** Наиболее характерный грунт на реке был отмечен на нескольких станциях. Численность и биомасса хирономид здесь достаточно высокие: 4278 экз./м<sup>2</sup> и 1,44 г/м<sup>2</sup>. Видовое разнообразие было представлено 41 видом. Основу сообществ составили личинки *Pseudokieffiella parva* (29%), *Chaetocladius* gr. *piger* (28%), *Orthocladius* sp. (14%), *Cricotopus* gr. *Tremulus* (9%), *Eukieffiella* gr. *brehmi* (8%).  $I_{ch}$  – 3,6, характеризует биотоп как предгорный.

**Небольшая яма в среднем течении с почти стоячей водой и каменистым слегка заиленным грунтом.** Численность и биомасса составили 3088 экз/м<sup>2</sup> и 0,75 г/м<sup>2</sup>. На данном типе биотопа складываются благоприятные условия для развития видового разнообразия хирономид, здесь отмечен 31 вид. На данном биотопе создаются условия близкие к озерным, поэтому основу комплекса составили представители подсемейства Chironominae: *Micropsectra* sp. (38%) и *Rheotanytarsus* sp. (21%), группу субдоминантов составили представители подсемейства Orthoclaadiinae: *Chaetocladius* gr. *lingi* (13%), *Parametriocnemus* gr. *borealis* (6%).  $I_{ch}$  составил 2,4.

**Галечно-песчаный грунт с обрастаниями мхов и колоний носток на перекате.** Биотоп отличается значительным количеством детрита и листового опада. Показатели численности и биомассы также достаточно высокие: 7632 экз/м<sup>2</sup>, 2,18 г/м<sup>2</sup>. Здесь отмечено 30 видов хирономид. Основу комплекса составили *Parametriocnemus* gr. *stylatus* (26%), *Chaetocladius* gr. *acuticornis* (20%), *Chonchapelopia* sp. (18%), *Chaetocladius* gr. *dentiforceps* (16%), в группу субдоминантов вошли личинки *Rheotanytarsus* sp. (12%).  $I_{ch}$  равнялся 7.

**Заросли шелковника** значительно замедляют скорость течения, поэтому в них находятся накопления песка и ила. Сложившиеся условия определили  $I_{ch}$  равный 0,3, что характеризует станцию как равнинную. Количественные показатели относительно невысокие: 960 экз/м<sup>2</sup> и 0,94 г/м<sup>2</sup>. Для биотопа отмечено 22 вида хирономид. Заросли шелковника обуславливают заиление грунта, что определило доминирование представителей подсемейства Chironominae, а именно личинок *Stictochironomus* sp. (80%), группу субдоминантов составили личинки *Rheotanytarsus* sp. (5%).

**Водокачка.** На данной станции находится водокачка для забора воды на нужды дачного кооператива, находящегося по левому берегу реки. Грунт здесь каменистый заиленный с обрастаниями нитчатых водорослей. Численность и биомасса достигали 2231 экз/м<sup>2</sup> и 3,72 г/м<sup>2</sup>. На биотопе отмечено 10 видов хирономид. Основу сообществ хирономид составили представители подсемейства Chironominae: *Chironomus* gr. *dorsalis* (25%), *Paratanytarsus* sp. (25%), *Chironomus* gr. *borokensis* (16%), *Stictochironomus* sp. (14%), *Psectrocladius* sp. (8%), *Chironomus* sp. (8%). Это связано с замедлением скорости течения и наличием илов. Наличие значительного количества представителей Chironominae и их доминирование указывает на условия близкие к условиям стоячей воды, а  $I_{ch}$  равный 0,4, характеризует станцию как равнинную.

**Каменисто-песчаные заиленные грунты** отмечены на нижнем участке реки. В отличие от подобных грунтов среднего участка, камни здесь имеют другой тип обрастаний или же не имеют их и подвергаются небольшому заилению. Эти отличия и обуславливают другой таксономический состав и структуру сообществ хирономид. Численность и биомасса на данном биотопе низкие: 562 экз/м<sup>2</sup>, 0,13 г/м<sup>2</sup>, так же как и видовое разнообразие – всего семь видов. Доминировали *Cricotopus* sp. (36%), *Saetheria* sp. (36%), *Cricotopus* gr. *bicinctus* (18%). Станция характеризуется как предгорная –  $I_{ch}$  2.

**Песчаные промывные грунты,** расположенные в устьевой части р. Кадалинка. Условия обитания для хирономид на промывных песках являются неблагоприятными, поэтому здесь были отмечены самые низкие количественные показатели: 48 экз/м<sup>2</sup> и 0,02 г/м<sup>2</sup>, и видовое разнообразие – всего пять видов. Основу сообществ составили личинки *Saetheria* sp. (80%) и *Orthocladius* sp. (20%).  $I_{ch}$  был равен 1.

### Выводы

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- Всего было отмечено 77 видов и форм хирономид из пяти подсемейств: Podonominae (2), Tanypodinae (5), Diamesinae (3), Orthoclaadiinae (52), Chironominae (17).

- Хирономиды встречались на всех биотопах и при любых условиях. При этом в большинстве случаев они являлись доминирующей группой бентоса, составив 72% численности и 35% биомассы.

- В р. Кадалинка численность хирономид колебалась от 32 до 15840 экз/м<sup>2</sup>, биомасса – от 0,02 до 13,28 г/м<sup>2</sup>.

● Личинки хирономид, как и в целом макрозообентос, отдают предпочтение стабильным грунтам с различными обрастаниями. Наименее благоприятными для них являются каменистые грунты без обрастаний и промывные пески.

#### Список литературы

1. Семченко В.П., Разлуцкий В.А., Мороз М.Д. Таксономическая и трофическая структура макрозообентоса малых рек бассейна Днепра на территории Беларуси // Всероссийская школа-конференция: Экосистемы малых рек: Биоразнообразие, экология, охрана. пос. Борок, 2008. С. 267–270.
2. Цыбекмитова Г.Ц., Куклин А.П., Ташлыкова Н.А., Афонина Е.Ю., Базарова Б.Б., Итигилова М.Ц., Горлачёва Е.П., Магафонов П.В., Афонин А.В. Экологическое состояние озера Кенон – водоема охладителя ТЭЦ-1 (Забайкальский край) // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2017. Т. 7, № 3. С. 194.
3. Салтанова Н.В. Сообщества макрозообентоса р. Кадалинка и их взаимосвязь с минерализацией воды // X Съезд Гидробиологического общества при РАН. Тезисы докладов. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 351–352.
4. Гольд З.Г., Гольд В.М. Общая гидробиология: учеб.-метод. пособие. 2-е изд., перераб. Красноярск: Сиб. федерал. ун-т, 2013. 158 с.
5. Якимов А.В., Шаповалов М.И., Львов В., Чересова С.К. О методике сбора бентоса в горных малых реках и ручьях Кавказа // Гидроэнтомология в России и сопредельных странах: материалы V Всероссийского симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым. Ярославль: Изд-во «Филигрань», 2013. С. 247–250.
6. Цалолыхин С.Я., Пржиборо А.А., Кияшко П.В., ЦиПЛЕНКИНА И.Г., Березина Н.А., Иванова Л.В., Гонтарь В.И., Туманов Д.В., Курашов Е.А., Степанынц С.Д., Богатов В.В., Солдатенко Е.В., Винарский М.В. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России // ООО Товарищество научных изданий КМК. Москва, Санкт-Петербург. 2016. Т. 2. 456 с.
7. Зинченко Т.Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (diptera, chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней волги (атлас). Тольятти: Касандра, 2011. 258 с.
8. Салтанова Н.В. Роль хирономид (diptera, chironomidae) в сообществах донных беспозвоночных бассейна Верхнего Амура: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2011. 18 с.

## СУКЦЕССИЯ НА МОЛОДЫХ И СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПРЕДЕЛАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1,2</sup>Соловьев С.В., <sup>1</sup>Миллер Г.Ф., <sup>1</sup>Безбородова А.Н., <sup>1</sup>Филимонова Д.А.

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии» СО РАН, Новосибирск,  
e-mail: solovyev87@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления НИИХ»,  
Новосибирск

Залежные земли являются экономическим и экологическим резервом Российской Федерации и мира в целом, тем самым представляя значительный интерес для исследования. За последние двадцать пять лет площадь залежных земель в Российской Федерации достигла своих максимальных значений в 2006 г. и составляла 5,1 млн га, на данный же момент эта цифра равна 4,9 млн га. На территории исследования (Новосибирская область) площади залежных земель составляют 81 тыс. га. В работе представлены результаты обследования молодых (до четырех лет) и средневозрастных (до десяти лет) залежей лесостепной зоны Западной Сибири в пределах Новосибирской области. Показано, что за десять лет сукцессии залежные участки проходят две стадии зарастания: пионерную (рудеральную) и длиннокорневищную, при этом с течением времени возрастает количество видов, произрастающих на залежах, одновременно происходит смена однолетних видов многолетними и доля многолетних растений также постепенно увеличивается. Зеленая фитомасса достигает своих максимальных значений на залежах возрастом 3–4 года. При анализе структуры растительного вещества отмечено, что показатели соотношений их фракционного состава отражают общую тенденцию по формированию экосистемы, предшествующей распашке.

**Ключевые слова:** залежь, почва, растительность, сукцессия, зарастание, фитомасса

## SUCCESSION ON YOUNG AND MEDIUM AGE FALLOWES OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA IN THE NOVOSIBIRSK REGION

<sup>1,2</sup>Solovev S.V., <sup>1</sup>Miller G.F., <sup>1</sup>Bezborodova A.N., <sup>1</sup>Filimonova D.A.

<sup>1</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the RAS,  
Novosibirsk, e-mail: solovyev87@mail.ru;

<sup>2</sup>Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk

Fallowes are an economic and environmental reserves of the Russian Federation and the world, thus representing a significant interest for research. Over the past twenty-five years, the area of fallow lands in the Russian Federation reached its maximum in 2006 and amounted to 5.1 million hectares, at the moment this amount is 4.9 million hectares. On the study area (Novosibirsk region), the area of fallow lands is 81 thousand hectares. The paper presents the results of a survey of young (up to four years) and middle-aged (up to ten years) fallows of the forest-steppe zone of Western Siberia in the Novosibirsk region. It is shown that for ten years of succession the fallow areas pass two stages of overgrowing: ruderal and long-rooted, thus over time the number of the species growing on fallows increases, at the same time there is a change of one-year species by perennials and the fraction of long-term plants also gradually increases. Green phytomass reaches its maximum values on the fallows aged 3-4 years. When analyzing the structure of plant matter, it is noted that the ratios of their fractional composition reflect the general trend in the formation of the ecosystem which preceding plowing.

**Keywords:** fallow, soil, vegetation, succession, weed invasion, plant biomass

Залежь – это особый вид сукцессии, которая начинается практически сразу же, как только используемые под посевы поля забрасываются [1]. Такие залежные земли в настоящий момент являются экономическим и экологическим резервом России и мира в целом, представляя значительный интерес для исследования [2].

По состоянию на 1 января 2017 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации составляет 383,7 млн га (22,4% от общего земельного фонда РФ), из которых к сельскохозяйственным угодьям относится 197,7 млн га – 51,5% от общей площади земель сельскохозяйственного назначения.

Общая площадь земель сельскохозяйственных угодий, полученная путем сложения земель сельскохозяйственных угодий всех категорий (земли сельскохозяйственного назначения, населенных пунктов, промышленности и иного специального назначения, особо охраняемых территорий и объектов, лесного фонда, водного фонда и земли запаса), равна 222 млн га, или 13,0% всего земельного фонда страны. В структуре сельскохозяйственных угодий площадь пашни составляет 122,7 млн га (55,3%), залежи – 4,9 млн га (2,2%), многолетних насаждений – 1,9 млн га (0,9%), сенокосов – 24,0 млн га (10,8%), пастбищ – 68,5 млн га (30,8%) [3].

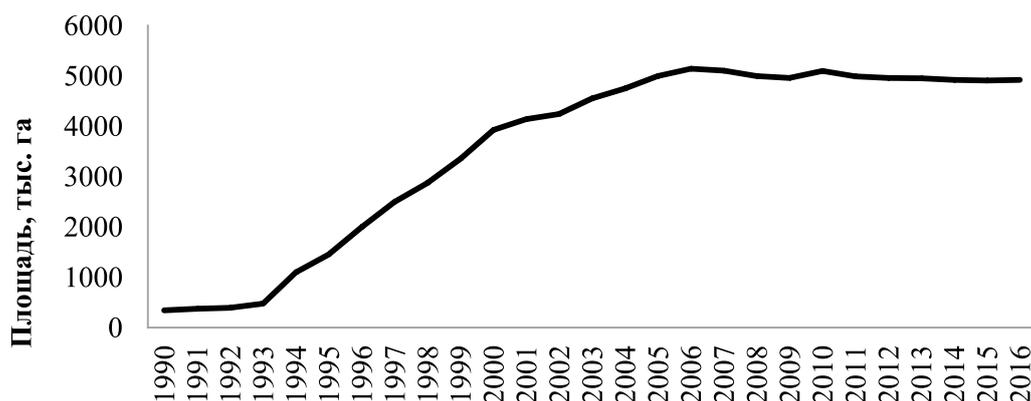


Рис. 1. Динамика площади залежных земель в границах Российской Федерации за период с 1990 по 2016 г.

Стоит отметить, что эти показатели за последние 25 лет (за период с 1990 по 2015 г.), в связи с экономическими пертурбациями, значительно варьировали, в частности земли, относимые к пашне, сократились с 132,3 до 122,7 млн га, сенокосы и пастбища увеличились с 87,9 до 92,5 млн га, залежные земли также увеличились с 0,35 до 4,9 млн га (рис. 1). Необходимо подчеркнуть, что площадь залежных земель достигла своих максимальных значений в 2006 г. и составляла 5,1 млн га, но это не говорит об изменении вектора в сторону уменьшения их площади. За последние 10 лет площадь залежных земель варьирует в пределах 5,1 – 4,9 млн га [3].

Фактически не используемые пашни нередко переводятся в пастбищные угодья, но чаще всего подобные неиспользуемые земли являются бросовыми, несмотря на то, что официально продолжают значиться пашней. Поэтому точные площади заброшенных земель в настоящий момент не определены, и по разным источникам они составляют от 13 до 33 млн га [4], а по данным Д.И. Люри с соавторами, площадь залежных земель возрастом до 50 лет равна 59,1 млн га [5]. Таким образом, согласно статистике Росреестра и экспертным данным, площадь залежных земель в РФ варьирует от 4,9 до 59,1 млн га – то есть от 2,2 до 26,6% земель сельскохозяйственного назначения.

Объекты исследования расположены на территории Новосибирской области. В этом регионе по данным на 01.01.2016 г. в состоянии залежи находится 81 тыс. га [6]. Таким образом, можно говорить о том, что значительная часть земель, которые могли бы использоваться в хозяйственном и экономиче-

ском плане, в настоящий момент выведены из оборота [2].

Вместе с тем проблема эффективности сельского хозяйства тесно переплетается с возвращением залежных и заброшенных земель в сельскохозяйственный оборот. При этом необходимо учитывать два важных, но противоположных аспекта.

С одной стороны, в почвах, продолжительное время используемых под посевы, происходит нарушение баланса процессов гумификации и минерализации, а также страдает функция почв как банка семян естественной, исходной для данного биоценоза растительности. К тому же это происходит на фоне ухудшения физико-химических и микробиологических свойств почв [1, 7]. С другой стороны, возвращение земель из залежного состояния в сельскохозяйственный оборот является мероприятием насколько необходимым, настолько и дорогостоящим, поскольку залежь к этому времени может пройти три-пять стадий сукцессии [1, 5]. Вследствие этого почвы залежей в качестве банка семян будут в значительной степени «засорены».

Учитывая оба названных аспекта, необходимо брать во внимание местные условия – как при вводе пахотных угодий в состояние залежи, так и при обратном процессе [2].

Процесс зарастания залежных земель имеет ряд стадий (определяемых по набору доминирующих видов растений), в ходе которых меняется видовой состав растений. Так, в 1953 г. обобщенную схему зарастания степных залежей дала А.М. Семенова-Гянь-Шанская, выделив три стадии: 1) бурьянистая; 2) корневищная и 3) стадия рыхлокустовых злаков [1]. Для лесостепной зоны

в европейской части России, в частности на типичных черноземах, выделяют четыре стадии: 1) пионерная (рудеральная) – возрастом 1–2 года; 2) длиннокорневищная (пырейная) – 3–4 года; 3) луговая (разнотравно-костровая) – 15 лет; 4) дерновинных злаков (разнотравно-ковыльная) – 58 лет [5]. Однако в любом случае завершающей стадией является формирование вторичной целины, а полное восстановление растительности, идентичной той, что предшествовала распашке, невозможно, она может быть только максимально похожа на исходную.

При исследовании процессов зарастания залежных земель в лесостепной зоне Новосибирской области необходимо учитывать факторы, влияющие на скорость восстановления залежи, например, для степной зоны европейской части России Т.Д. Филатова [8] приводит следующие факторы:

1) контакт залежи с целинным участком, выступающим полноценным источником диаспор степных растений, который занимает сходный экотоп;

2) малые размеры залежи;

3) регулярное сенокосение;

4) посев многолетних трав перед переводом пашни в залежь, что позволяет миновать стадию сорной (бурьянной) растительности;

5) выпас домашнего скота, при котором происходит свободное перемещение животных с целины на залежь, что может благоприятствовать более равномерному и быстрому распределению видов и достижению одинаковой видовой насыщенности с целинной растительностью.

Так же необходимо учитывать, что сенокосение приводит к увеличению видового богатства, но к уменьшению общего таксономического разнообразия, а пастьба – наоборот [9]. Не менее важным фактором, влияющим на сукцессионные процессы, являются такие виды антропогенной деятельности, как сенокосение и регулярное выжигание сухой травы в весеннее время (палы); подобные явления весьма часты и приводят к возвращению процесса сукцессии к его более ранним стадиям [2, 5, 10].

Целью данной статьи является оценка состояния растительного покрова молодых и средневозрастных залежей лесостепной зоны Западной Сибири в пределах Новосибирской области.

#### Материалы и методы исследования

Определение возраста залежи проведено как через опросы представителей местных органов власти, так и с привлечением ГИС-технологий (космические снимки разных степеней разрешения). Кроме того, широко применялись подходы, разработанные сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН [11].

Район проведения полевых исследований, где были заложены почвенные разрезы и проведен отбор почвенных и растительных образцов, находится на Заобской правобережной (Заобье) холмисто-увалистой сильно расчлененной возвышенной равнине, которая разделена долиной реки Бердь на две природные подзоны северной лесостепи – вторичная лесостепь на месте ранее сведенных лесов; березово-осиновые травяные леса и послелесные луга на серых лесных и лугово-черноземных почвах и Приобская лесостепь – разнотравно-злаковые остепненные луга на выщелоченных и оподзоленных черноземных почвах; березово-осиновые леса на серых лесных почвах [12]. Территория исследования включает в себя два пограничных геоморфологических района (Буготакскую наклонную возвышенную холмистую равнину и Черепановскую возвышенную наклонную равнину с эрозионными формами рельефа) в восточной части Новосибирской области, которые разделены долиной р. Бердь (правый приток р. Обь). Согласно же почвенно-географическому районированию, район исследования лежит в пределах Предалтайской лесостепной провинции черноземов выщелоченных, оподзоленных и серых лесных почв [2]. Согласно климатическому районированию, территория исследования расположена в пределах умеренно резко континентального климата [2].

Объекты исследования расположены в Искитимском и Тогучинском районах Новосибирской области:

1) в окрестностях с. Александровского – залежь на черноземе выщелоченном среднесмытом, возраст 2–3 года;

2) в окрестностях с. Морозово – залежь, на темно-серой почве, возраст 3–4 года;

3) в окрестностях с. Усть-Каменки – залежь, на черноземе выщелоченном почве, возрастом 6–7 лет;

4) в окрестностях с. Улыбино – залежь, на черноземе выщелоченном почве, возрастом 7–10 лет.

Исследование растительного покрова выполнено по принятым стандартным методикам.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Первая из выделенных пар залежей является молодой и имеет возраст в пределах от 1 до 4 (5) лет.

Залежь на черноземе, возрастом 2–3 года, близ с. Александровского имеет растительный покров, насчитывающий 21 вид и преимущественно представленный доминирующими рудеральными видами: молочай лозный (*Euphorbia virgata*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), льнянка остролопостная (*Linaria acutiloba*), овес пустой (*Avena fatua*). Также на участке были отмечены такие виды, как латук компасный (*Lactuca serriola*), мелколепестник канадский (*Conyza canadensis*), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum*) и др. Общее проективное покрытие – 70%. Доля малолетних растений равна 29%, а многолетних – 71% (рис. 2). Зеленая фитомасса равна 467,3 г/м<sup>2</sup>, а надземная мортмасса (мертвая фитомасса, включая ветошь и подстилку) составляет 115,0 г/м<sup>2</sup> (рис. 3).

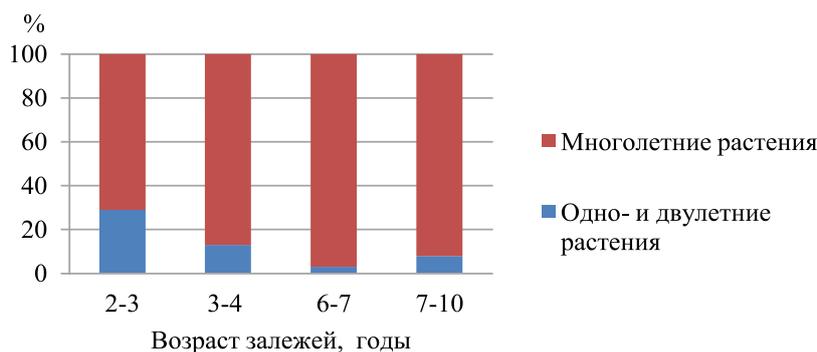


Рис. 2. Соотношение многолетних и малолетних растений на залежах разных возрастов

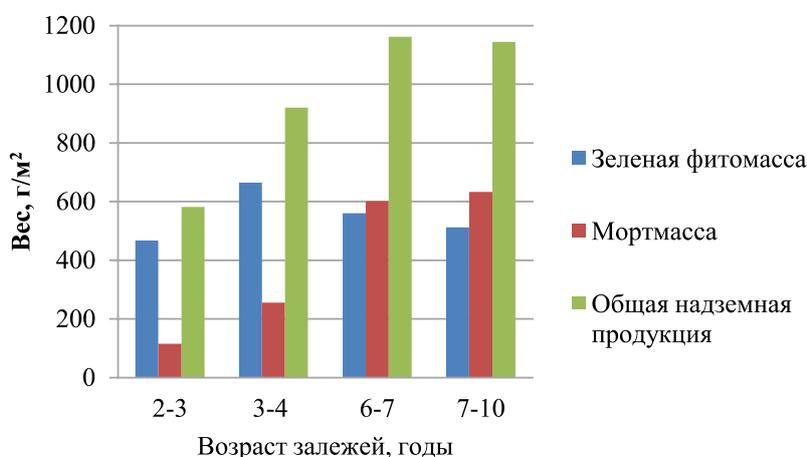


Рис. 3. Распределение надземной продукции (по фракциям растительного вещества) на молодых и средневозрастных залежах

Трех-четырёхлетняя залежь на серой лесной почве, в окрестностях с. Морозово, характеризуется растительным покровом, состоящим из 23 видов, в составе которого доминируют следующие виды: бодяк щетиный (*Cirsium setosum*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), донник лекарственный (*Melilotus officinalis*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*). Общее проективное покрытие 90%. Доля малолетних растений равна 13%, а многолетних – 87% (рис. 2). Зеленая фитомасса равна 665,1 г/м<sup>2</sup>, а надземная мортмасса составляет 255,4 г/м<sup>2</sup> (рис. 3).

Вторая пара сравниваемых нами залежей относится к средневозрастным залежам, возраст которых варьирует в пределах 6–10 лет.

Залежь на черноземе выщелоченном, возрастом 6–7 лет, близ с. Усть-Каменка, имеет растительный покров, насчитывающий 29 видов и преимущественно пред-

ставленный следующими доминирующими видами: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), горошек мышиный (*Vicia cracca*) и тимофеевка луговая (*Phleum pratense*). Общее проективное покрытие 95%. Доля малолетних растений равна 3%, а многолетних 97% (рис. 2). Зеленая фитомасса равна 560,2 г/м<sup>2</sup>, а надземная мортмасса составляет 601,4 г/м<sup>2</sup> (рис. 3).

Залежь на черноземе выщелоченном, возрастом 7–10 лет, близ с. Улыбино, имеет растительный покров, насчитывающий 24 вида и преимущественно представленный следующими доминирующими видами: ежа сборная (*Dactylis glomerata*), кострец безостый (*Bromopsis inermis*) и вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*). Общее проективное покрытие – 95%. Доля малолетних растений равна 8%, а многолетних – 92% (рис. 2). Зеленая фитомасса равна 511,8 г/м<sup>2</sup>, а надземная мортмасса составляет 632,7 г/м<sup>2</sup> (рис. 3).

Соотношение фракций растительного вещества – надземной фитомассы  
и мортмассы – на молодых и средневозрастных залежах

Зеленая фитомасса / (ветошь + подстилка)	Отношение
Залежь возрастом 2–3 года, на темно-серой лесной почве	4,06
Залежь возрастом 3–4 года, на черноземе	2,60
Залежь возрастом 6–7 лет, на черноземе	0,93
Залежь возрастом 7–10 лет, на черноземе	0,81

При сравнении растительного покрова исследованных разновозрастных залежей наблюдаются закономерные процессы. С увеличением возраста залежей возрастает общее количество видов, в том числе и доля многолетних видов, а доля одно- и двулетних – сокращается. На залежах возрастом до 6 лет с течением времени отмечается повышение общей надземной продукции, такая же картина наблюдается и с мортмассой. Однако следует отметить, что зеленая фитомасса достигает своих максимальных значений на залежах возрастом 3–4 года, по всей видимости, это связано с тем, что данные залежи находятся в переходной стадии из пионерной (рудеральной) к длиннокорневищной и происходит смена видового состава. Характерными параметрами структуры растительного вещества, которые используются для оценки функционирования экосистем, являются показатели соотношений их фракционного состава. Например, пропорция между зеленой фитомассой и ветоши с подстилкой отражает соотношение скоростей формирования надземной фитомассы и ее отмирания. Такие показатели фракционного состава исследованных залежей приведены в таблице.

### Заключение

Таким образом, залежные участки возрастом 2–3 года проходят пионерную (рудеральную) стадию зарастания, с характерной для этой стадии растительностью, а залежные участки возрастом 3–4 года занимают переходную позицию – от пионерной (рудеральной) к длиннокорневищной стадии. Залежи более старшего возраста – 6–10 лет – находятся на длиннокорневищной стадии зарастания. Помимо этого, с увеличением возраста залежей возрастает общее количество видов, а при соотношении одно-, двулетних и многолетних видов, последних с возрастом становится больше на 26%. На залежах возрастом до 6 лет наблюдается резкая положительная тенденция на увеличение общей надземной продукции, в том числе, что логично, увеличивается мортмасса. Зеленая фитомасса достигает

своих максимальных значений на залежах возрастом 3–4 года, это, по всей видимости, обусловлено тем, что данные залежи занимают переходное положение из пионерной (рудеральной) к длиннокорневищной стадии. При анализе структуры растительного вещества отмечено, что показатели соотношений их фракционного состава отражают общую тенденцию по формированию экосистемы, предшествующей распахке.

### Список литературы

1. Титлянова А.А., Самбуу А.Д. Сукцессии в травяных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 191 с.
2. Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А., Чумбаев А.С. К вопросу об изменении некоторых свойств почв под молодыми залежами на территории Новосибирской области // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27133> (дата обращения: 04.10.2018).
3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 году. М., 2017. 220 с.
4. Кундиус В.А., Воронкова О.Ю. Организационно-экономические предпосылки развития органического сельского хозяйства в условиях вступления России в ВТО // Вестник АГАУ. 2014. № 6 (116). С. 140–144.
5. Люри Д.И., Горячкин С.В. и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
6. Доклад о состоянии и использовании земель Новосибирской области в 2015 году. Новосибирск, 2016. 99 с.
7. Титлянова А.А., Кирюшин В.И., Охинько И.П. и др. Агроценозы степной зоны. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1984. 247 с.
8. Филатова Т.Д. Восстановительная динамика восточноевропейских луговых степей // дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 2005. 212 с.
9. Маслов Ф.А., Курченко Е.И., Ермакова И.М., Сугоркина Н.С., Петросян В.Г. Динамика таксономического разнообразия луговых сообществ национального парка «Угра» при разных условиях антропогенного воздействия // Ботанический журнал. 2017. Т. 102. № 11. С. 1504–1517.
10. Петрова И.Ф. Тенденции изменения луговостепной растительности Центральной лесостепи. М.: ИГАН, 1990. 205 с.
11. Степанов М.И., Сысо А.И., Чумбаев А.С., Мирнычева-Токарева Н.П. Методические рекомендации по определению сроков пребывания земельных участков сельскохозяйственного назначения Новосибирской области в залежном состоянии. Новосибирск: Наука, 2017. 20 с.
12. Природное районирование и современное состояние почв Новосибирской области. Новосибирск, 2010. С. 6–12.

УДК 579.26(574)

## МИКРОФЛОРА СОЛЕСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ЮЖНОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА

<sup>1</sup>Успабаева А.А., <sup>1</sup>Исаева А.У., <sup>2</sup>Бишимбаев В.К.

<sup>1</sup>Шымкентский университет, Шымкент;

<sup>2</sup>ОФ «Центр солевых технологий», Астана, e-mail: [uspabaeva@rambler.ru](mailto:uspabaeva@rambler.ru)

Микроорганизмы, адаптированные к существованию в экстремальных условиях среды, быстро приспособляются к изменениям солености среды. На микрофлору Южного региона Казахстана действуют такие факторы, как высокая засоленность, количественно-качественные характеристики солесодержащего сырья. Образцы проб солесодержащего сырья были отобраны из Джаксы-Клычского месторождения озерных солей и месторождения Бугажайлы Сузакского района Туркестанской области. Образцы солесодержащего сырья, характеризуются как сульфатно-натриевые, галитные, галитно-сульфатные и натриевые соли. Микрофлора солесодержащего сырья отобранного из месторождений Джаксы-Клыч и Бугажайлы состоит из гетеротрофных микроорганизмов в количестве  $10^4$  КОЕ/г и энтеробактерий в  $10^3$  КОЕ/г. Микромицеты в количестве  $10^3$  КОЕ/г выявлены только в пробах солесодержащего сырья Бугажайлы. Было изолировано 10 культур микроорганизмов, доминирующую часть которых составили представители родов – *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*. Род *Micrococcus* представлен тремя доминирующими видами – *M. luteus*, *M. roseus*, *Micrococcus* sp. Энтеробактерии представлены одним видом – *Enterobacter* sp. Микромицеты представлены родами *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* и *Fusarium*. Изучена галорезистентность изолированных культур микроорганизмов к различным концентрациям NaCl. Показано, что культуры *M. luteus*, *Bacillus* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. и *Fusarium* sp. резистентны к 17–20% концентрациям солей.

**Ключевые слова:** микрофлора, соленость, солесодержащее сырье

## MICROFLORA OF SALIFEROUS RAW MATERIALS OF THE SOUTHERN REGION OF KAZAKHSTAN

<sup>1</sup>Uspabaeva A.A., <sup>1</sup>Isaeva A.U., <sup>1</sup>Bishimbaev V.K.

<sup>1</sup>Shymkent University, Shymkent;

<sup>2</sup>Center of Salt Technologies, Astana, e-mail: [uspabaeva@rambler.ru](mailto:uspabaeva@rambler.ru)

The microorganisms adapted to existence in extreme conditions of the environment quickly adapt to changes of salinity of the environment. Microflora of the Southern region of Kazakhstan is affected by such factors as high salinity, quantitative and qualitative characteristics of saliferous raw materials. Samples of saliferous raw materials have been selected from the Dzhaksy-Klychsk field of lake salts and Bugazhayla's field of Suzaksky district of the Turkestan region. Samples of saliferous raw materials, are characterized as sulfate-sodium, galitny, galitno-sulfate and sodium salts. Microflora of saliferous raw materials of the Aral Sea selected from the Southern basin, Dzhaksy-Klych and Bugazhayla fields consists of heterotrophic microorganisms in number of  $10^4$  CFU/g and enterobakteriya in  $10^3$  CFU/g. Micromycetes in number of  $10^4$  CFU/g are revealed only in tests of saliferous raw materials of Bugazhayla. 10 cultures of microorganisms have been isolated which dominating part representatives of genus – *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*. Are presented to Enterobakteriya by one look – *Enterobacter* sp. Micromycetes are presented by the genus *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* and *Fusarium*. The halorezistent of the microorganisms isolated cultures to various concentration of NaCl was studied. It is shown that the cultures of *M.luteus*, *Bacillus* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. and *Fusarium* sp. were rezistent to 17-20% of salts concentration.

**Keywords:** microflora, salinity, saliferous raw materials

На сегодняшний день сложилась серьезная экологическая ситуация в Южном регионе Казахстана, которые характеризуются наличием целого комплекса экстремальных факторов с усиленным развитием процессов засоления [1, 2]. В результате антропогенных нагрузок на экосистему наблюдается падение уровня моря и осолонение вод, что приводит к высокому росту температурных колебаний и сдвигу фаз температурного режима в толще воды. При этом снижается поступление биогенных элементов в море, низкое содержание биогенных элементов вызывает ограничения развития фотосинтетических процессов и низкую

биологическую продуктивность в море [3]. Ухудшается кислородный режим моря за счет уменьшения его фотосинтетического продуцирования и интенсивного потребления на окисление органического вещества, что приводит к формированию зон дефицита кислорода [4, 5].

Повышение солености вод делает невозможным существование аборигенной микрофлоры, что вызывает изменения в количественно-качественном составе фито- и зоопланктона, фито- и зообентоса [6]. Адаптированные к существованию в крайне экстремальных условиях среды, галофильные микроорганизмы быстро при-

способляются к изменениям солености среды. Данная группа микроорганизмов в природе практически не имеет ни конкурентов, ни антагонистов, поскольку ни одна из других жизненных форм не способна к существованию в условиях высокой концентрации солей [7–9].

Цель исследования: изучение микрофлоры солесодержащего сырья Южного региона Казахстана.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования были образцы проб солесодержащего сырья Джаксы-Клычского месторождения (ДКМ) озерных солей и месторождения Бугажайлы (БМ) Сузакского района Туркестанской области (табл. 1). В качестве солесодержащего сырья использовали следующие образцы соли, рапы и ила, отобранные с глубины 0–10 см, 0–20 см, 0–30 см.

Были использованы образцы солесодержащего сырья, характеризующиеся как сульфатно-натриевые, галитные, галитно-сульфатные и натриевые соли. Подготовку образцов для посева проводили стандартными методами [10].

Микробиологическое обследование проводили по общепринятым методикам [11]. Учитывали следующие группы микроорганизмов: общее количество гетеротрофных бактерий, эндобактерий и микромицетов. Для этого использовались следующие питательные среды: МПА, агар Эндо-ГРМ, Чапека. Количество бактерий в образцах определяли методом посева последовательных десятикратных разведений образцов на питательную среду.

Морфолого-культуральные свойства. Для выделения чистых культур использовали бактерии, доминирующие в образцах. Выделение чистых культур осуществляли общепринятыми методами. Морфологию клеток изучали при микроскопии окрашенных по Граму препаратов стандартными методами [12]. Основным критерием для определения различных колоний служила совокупность следующих признаков: пигментация, выделение водорастворимого пигмента, образование внеклеточной слизи, консистенция, размер (мм), наличие воздушного и субстратного мицелия и другие характерные признаки.

Галорезистентность определяли по резистентности к NaCl (г/л среды: 3,0; 5,0; 10,0; 13,0; 17,0; 20,0; 25,0) при посеве бактерий штрихом на чашки, содержащие указанные концентрации NaCl [13].

Статистическая обработка полученных результатов проводилась вычислением среднего арифметического значения и величины стандартного отклонения. Все определения проводились в 3-х и 5-ти кратной повторности. Данные обрабатывались с помощью персонального компьютера IBM «Pentium» на базе пакетов прикладных программ «Excel».

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведения микробиологических исследований было установлено, что количество микроорганизмов в исследуемых образцах зависит от количественно-качественных характеристик солесодержащего сырья (рисунок).

На основании полученных результатов было установлено, что в пробах отобранных на территории Джаксы-Клычского месторождения (рисунок, а) численность гетеротрофных микроорганизмов колеблется в пределах  $10^4$  КОЕ/г. Однако в образцах проб № 3 ДКМ и № 8 ДКМ численность гетеротрофных микроорганизмов составила  $(2,9 \pm 0,3) \times 10^5$  кл/г и  $(2,7 \pm 0,2) \times 10^5$  кл/г соответственно. Наименьшее количество микроорганизмов сосредоточено в пробах № 20 ДКМ и № 21 ДКМ, где численность гетеротрофных микроорганизмов составила  $(2,9 \pm 0,3) \times 10^3$  кл/г и  $(6,8 \pm 0,6) \times 10^3$  кл/г соответственно. Численность энтеробактерий во всех образцах проб колеблется в пределах  $10^3$  КОЕ/г. Микромицеты обнаружены только в пробе № 8 ДКМ и № 22 ДКМ, где их численность составила  $(6,0 \pm 0,5) \times 10^3$  кл/г и  $(9,8 \pm 0,8) \times 10^3$  кл/г.

В пробах Бугажайлинского месторождения (рисунок, б) наблюдается аналогичная картина, где численность гетеротрофных микроорганизмов колеблется в пределах  $10^4$  КОЕ/г, энтеробактерий  $10^3$  КОЕ/г, а численность микромицетов в данных пробах увеличивается, по сравнению с образцами, отобранными из Джаксы-Клычского месторождения. В образцах проб № 1 БМ; № 2 БМ; № 4 БМ; № 5 БМ и № 7 БМ численность микромицетов колеблется в пределах  $10^3$  КОЕ/г, в пробе № 8 БМ численность данной группы колеблется в пределах  $10^4$  КОЕ/г, в пробах № 3 БМ и № 4 БМ микромицеты не обнаружены.

Установлено, что микрофлора солесодержащего сырья во всех образцах состоит из гетеротрофных микроорганизмов в количестве  $10^4$  КОЕ/г и энтеробактерий  $10^3$  КОЕ/г, а численность микромицетов характеризуется наименьшим количеством, только в пробах БДМ численность микромицетов была в пределах  $10^4$  КОЕ/г.

Из исследованных образцов с учетом морфологических и культуральных свойств микроорганизмов было изолировано 10 культур микроорганизмов. Доминирующую часть гетеротрофной микрофлоры, составили представители родов – *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*. Род *Micrococcus* представлен тремя доминирующими видами – *M. luteus*, *M. roseus*, *Micrococcus sp.* Энтеробактерии представлены одним видом – *Enterobacter sp.* Микромицеты представлены родами *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* и *Fusarium*.

Галорезистентность изолированных культур микроорганизмов определяли по способности расти при различных концентрациях NaCl от 0 до 20 % (табл. 2).

Таблица 1

Образцы проб солесодержащего сырья

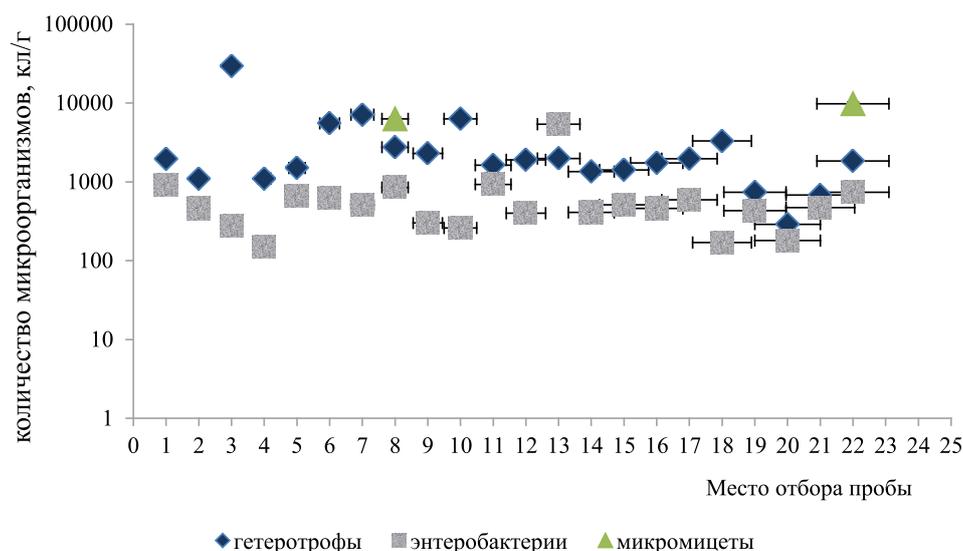
№ образца	Место отбора пробы
Джаксы-Клычского месторождения	
№ 1 ДКМ	Южный бассейн, 1,0 м от береговой линии, соль, на глубину 0–10 см
№ 2 ДКМ	Южный бассейн, 3,0 м от береговой линии, соль, на глубину 0–10 см
№ 3 ДКМ	Южный бассейн, 5,0 м от береговой линии, соль, на глубину 0–10 см
№ 4 ДКМ	Южный бассейн, соль с рапой, на глубину 0–20 см
№ 5 ДКМ	Береговая линия южного бассейна, соль с рапой, на глубину 0–20 см
№ 6 ДКМ	Сульфатная соль, северная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–5 см
№ 7 ДКМ	Сульфатная соль, южная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–5 см
№ 8 ДКМ	Сульфатная соль, восточная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–5 см
№ 9 ДКМ	Северная часть прибрежной зоны южного бассейна, 3,0 м от береговой линии, соль, на глубину 0–10 см
№ 10 ДКМ	Южная часть прибрежной зоны южного бассейна, 3,0 м от береговой линии, соль, на глубину 0–10 см
№ 11 ДКМ	Восточная часть прибрежной зоны южного бассейна, 3,0 м от береговой линии, на глубину 0–10 см
№ 12 ДКМ	Западная часть прибрежной зоны южного бассейна, 3,0 м от береговой линии, на глубину 0–10 см
№ 13 ДКМ	Северная часть прибрежной зоны южного бассейна, 5,0 м от береговой линии, соль, на глубину 0–10 см
№ 14 ДКМ	Южная часть прибрежной зоны южного бассейна, 5,0 м от береговой линии, соль, на глубину 0–10 см
№ 15 ДКМ	Вдоль берега, южная часть, белая соль, на глубину 0–10 см
№ 16 ДКМ	Вдоль берега, восточная часть, бурая соль, на глубину 0–10 см
№ 17 ДКМ	Вдоль берега, северная часть, белая соль, на глубину 0–10 см
№ 18 ДКМ	Рапа поверхностная, южная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–10 см
№ 19 ДКМ	Рапа, галитный пласт, северная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–10 см
№ 20 ДКМ	Рапа, сульфатный пласт, восточная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–10 см
№ 21 ДКМ	Ил поверхностный, южная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–10 см
№ 22 ДКМ	Ил глубинный, южная часть прибрежной зоны южного бассейна, 1,0 м от береговой линии, на глубину 0–10 см
Месторождения Бугажайлы	
№ 1 БМ	вдоль берега, белая соль, южная часть, на глубину 0–10 см
№ 2 БМ	вдоль берега, бурая соль, северная часть, на глубину 0–10 см
№ 3 БМ	Центр озера, белая соль, на глубину 0–10 см
№ 4 БМ	Ил глубинный, вдоль берега, южная часть
№ 5 БМ	Ил поверхностный, вдоль берега, южная часть
№ 6 БМ	Рапа поверхностная, вдоль берега, южная часть, на глубину 0–10 см
№ 7 БМ	Рапа глубинная, вдоль берега, южная часть, на глубину 30 см
№ 8 БМ	Гелеобразная рапа, вдоль берега, южная часть

Как следует из представленных данных, установлено, что *M. roseus* интенсивно растет на среде с 3–10% NaCl, на среде с 13% NaCl наблюдается хороший рост, а на среде с 17–25% NaCl рост отсутствует.

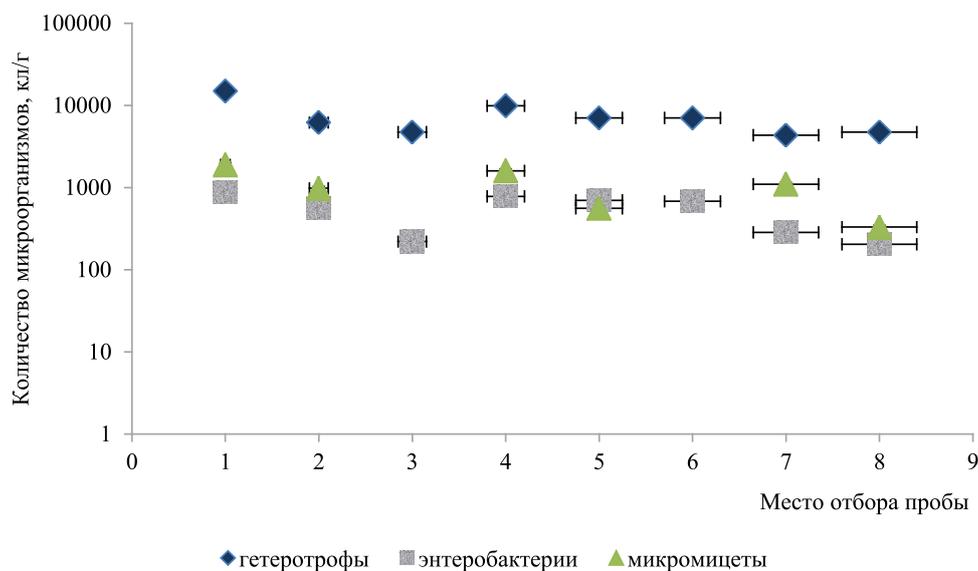
*Micrococcus sp.* интенсивно растет на среде с 3–5% NaCl, на среде с 10–17% NaCl растет хорошо, а на среде 20–25% NaCl наблюдается отсутствие роста. *M. luteus* и *Bacillus sp.* интенсивно растут на среде с 0–17% NaCl,

на среде 20% NaCl наблюдается хороший рост, при увеличении процентного содержания NaCl до 25% рост отсутствует. Культуры *Pseudomonas sp* и *Enterobacter sp.* интенсивно растут на среде с 3–10% NaCl, при увеличении концентрации NaCl до 13–17% культура *Pseudomonas sp.* растет хорошо, при дальнейшем увеличении концентрации соли до 20% и выше рост данной культуры прекращается, а рост *Enterobacter sp.* подавляется уже на среде с 17–25% NaCl. *Aspergillus sp.* интенсивно растет на среде с 3–13% NaCl, на

среде с 17–20% NaCl наблюдается хороший рост, а на среде с 25% NaCl рост отсутствует. *Mucor sp.* на среде с 3–5% NaCl наблюдается хороший рост, в остальных вариантах рост данной культуры отсутствует. На среде с 3–10% NaCl *Penicillium sp.* растет интенсивно, хороший рост наблюдается на среде с 13–17% NaCl. *Fusarium sp.* интенсивно растет на среде с 3–5% NaCl, при увеличении процентного содержания NaCl на 10–13% наблюдается хороший рост, а при увеличении от 17% до 25% рост полностью отсутствует.



А



Б

Численность микроорганизмов, выделенных из различных месторождений Южного региона Казахстана: А – Южный бассейн Джаксы-Клычского месторождения; Б – солевой карьер Буга-Джайлы

Таблица 2

Рост культур микроорганизмов при различных концентрациях NaCl в среде, %

Культуры	Рост микроорганизмов при концентрации NaCl, %							
	контроль	3	5	10	13	17	20	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>M. roseus</i>	90	85	83	81	67	0	0	0
<i>Micrococcus sp.</i>	90	85	81	73	63	57	0	0
<i>M. luteus</i>	95	93	90	90	88	87	75	0
<i>Bacillus sp.</i>	97	91	90	88	85	82	65	0
<i>Pseudomonas sp.</i>	90	87	85	78	64	58	0	0
<i>Enterobacter sp.</i>	96	94	90	84	60	0	0	0
<i>Aspergillus sp.</i>	97	95	93	93	88	66	58	0
<i>Mucor sp.</i>	90	65	60	0	0	0	0	0
<i>Penicillium sp.</i>	96	89	85	81	56	51	0	0
<i>Fusarium sp.</i>	90	85	83	66	54	0	0	0

Примечание. 81–100% – интенсивный рост, 51–80% – хороший рост, 0 – отсутствие роста.

**Выводы**

1. Установлено, что микрофлора соледержащего сырья отобранных из Южного бассейна Аральского моря и Приаралья, Джаксы-Клычского месторождения озерных солей и месторождения Буга-Джайлы состоит из гетеротрофных микроорганизмов со степенью  $10^4$  КОЕ/г и энтеробактерий  $10^3$  КОЕ/г, а численность микромицетов характеризуется наименьшим количеством, только в пробах Буга-Джайлинского месторождения численность микромицетов составляет до  $10^4$  КОЕ/г.

2. Из исследованных образцов было изолировано 10 культур микроорганизмов. Доминирующую часть гетеротрофной микрофлоры составили представители родов – *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*. Род *Micrococcus* представлен тремя доминирующими видами – *M. luteus*, *M. roseus*, *Micrococcus sp.* Энтеробактерии представлены одним видом – *Enterobacter sp.* Микромицеты представлены родами *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* и *Fusarium*.

3. В ходе изучения галорезистентности изолированных культур микроорганизмов к различным концентрациям NaCl выявлено, что культуры *M. luteus*, *Bacillus sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* и *Fusarium sp.* являются устойчивыми к 17–20% NaCl.

**Список литературы**

1. Балымбетов К.С., Гришаева О.В. Гидробиология реки Сырдарья (нижнее течение) в 2005–2007 гг. // Экология и гидрофауна водоемов трансграничных бассейнов Казахстана. 2008. С. 125–134.  
 2. Амиргалиев Н.А., Гришаева О.В. Влияние солёности вод на распределение макрозообентоса Малого Арала // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2009. № 2 (600). С. 54–58.

3. Завьялов П.О., Арашкевич Е.Г., Бастида И., Гинзбург А.И., Дикарев С.Н., Житина Л.С., Ижицкий А.С., Ишнязов Д.П., Костяной А.Г., Кравцова В.И., Кудышкин Т.В., Курбаниязов А.К., Ни А.А., Никишина А.Б., Петров М.А., Сажин А.Ф., Сапожников Ф.В., Хан В.М., Шеремет Н.А. Большое Аральское море в начале XXI века: физика, биология, химия. М.: Наука, 2012. 229 с.

4. Курбаниязов А.К., Байназаров К.К., Избасаров Б.Ж. Результаты наблюдения гидрологического и гидробиологического состояния Аральского моря (2002–2006 гг.) // Вестник Актобинского университета Дуние. 2009. № 1(14). С. 92–96.

5. Бухарин О.В., Немцева Н.В. Микробиология биоценозов природных водоемов. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 156 с.

6. Indoitu R., Kozhoridze G., Batorybaeva M., Vitkovskaya I., Orlovsky N., Blumberg D., Orlovsky L. Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea. *Aeolian Research*. 2015. № 17. P. 101–115.

7. Krivinogov S. Chapter 4. Changes of the Aral Sea level. In: Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Springer. 2014. Heidelberg: P. 77–111.

8. Plotnikov I.S., Aladin N.V., Ermakhanov Z.K., Zhakova L.V. Chapter 3. Biological Dynamics of the Aral Sea before Its Modern Decline (1900–1960). In: Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Springer. 2014. Heidelberg. P. 41–47.

9. Toman M.J., Plotnikov I., Aladin N., Micklin P. and Ermakhanov Z.. Biodiversity, the present ecological state of the Aral Sea and its impact on future development. *Acta Biologica Slovenica*. 2015. № 58 (1). P. 45–59.

10. Нетрусов А.И., Егоров М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. С. 96–242.

11. Connon S.A., Giovannoni S.J. High-throughput methods for culturing microorganisms in very-low-nutrient media yield diverse new marine isolates. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002. № 68 (8). P. 3878–3885.

12. Определитель бактерий Берджи. 9-е изд.: В 2 т.: пер. с англ. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крыга, П. Снита, Дж. Стэйли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. 421 с.

13. Margesin R., Schinner F. Potential of halotolerant and halophilic microorganisms for biotechnology. *Extremophiles*. 2001. Vol. 5. P. 73–83.

## НЕКОТОРЫЕ ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Шавырина О.Б.

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,  
Москва, e-mail: shavyrina@mail.bio.msu.ru*

Проблема охраны водных биологических ресурсов – часть глобальной проблемы сохранения биосферы как основы устойчивого развития человечества. Основным международным договором в сфере сохранения, справедливого и эффективного использования ресурсов морей и океанов является Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. Основные принципы использования и сохранения водных биоресурсов России содержатся в Федеральном законе «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». Российским законодательством предусмотрено верховенство международных договоров РФ в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов над законодательством РФ. Различие путей миграции и образа жизни представителей водных биологических ресурсов (анадромные виды рыб, катадромные виды, далеко мигрирующие виды рыб, «сидячие» виды, водные растения, морские млекопитающие) требуют различных подходов к их использованию и сохранению. Кроме того, при использовании живых водных ресурсов следует учитывать последствия для видов, ассоциированных с вылавливаемыми видами или зависимых от них, в целях поддержания или восстановления популяций таких ассоциированных или зависимых видов выше уровней, на которых их воспроизводство может быть подвергнуто серьезной опасности. Решение этой сложной задачи зависит от согласованных, консолидированных действий всех заинтересованных сторон, начиная с местного, регионального, государственного и вплоть до международного уровня. Совершенствование законодательной базы и контроль за ее неуклонным исполнением обеспечивают решение этой сложной задачи.

**Ключевые слова:** водные биологические ресурсы, охрана, конвенция ООН, законодательство

## SOME LEGAL ASPECTS FOR THE PROTECTION OF WATER BIOLOGICAL RESOURCES

Shavyrina O.B.

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: shavyrina@mail.bio.msu.ru*

The aquatic biological resources protection is a part of the global problem of preserving the biosphere as the basis for sustainable development of mankind. The main international treaty in the field of conservation, fair and efficient use of resources of the seas and oceans is the United Nations Convention on the Law of the Sea of 1982. The main principles for the use and conservation of aquatic biological resources of Russia are contained in the Federal Law «On Fisheries and the Conservation of Aquatic Biological Resources». Russian legislation provides for the supremacy of international treaties of the Russian Federation in the field of fisheries and the conservation of aquatic biological resources over the legislation of the Russian Federation. Different ways of movement and lifestyle of fish resources (anadromous stocks, catadromous species, highly migratory fish species, «sedentary» species, aquatic plants, mammals) require different approaches to their use and conservation. Besides, when living water resources are used shall take into consideration the effects on species associated with or dependent upon harvested species with a view to maintaining or restoring populations of such associated or dependent species above levels at which their reproduction may become seriously threatened. The solution of this complex task depends on concerted, consolidated actions of all stakeholders, starting from local, regional, state and up to the international level. Improvement of the legislative base and control over its unswerving execution ensure the solution of this complex task.

**Keywords:** water biological resources, protection, UN convention, legislation

Водные биологические ресурсы относятся к категории возобновляемых природных ресурсов. В Российской Федерации они являются предметом национального достояния и важной составной частью экономики страны. Статьей 9 Конституции Российской Федерации установлено, что «природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории» [1].

Однако в настоящее время запасы многих видов водных биологических ресурсов осваиваются далеко не в полном объеме (сельдь, сайра, кальмары и др.). В то

же время, по сравнению с сельскохозяйственной продукцией водные биоресурсы обладают рядом преимуществ, таких как высокая пищевая ценность, универсальный способ производства, небольшая себестоимость. Легко усваиваемый белок и богатый набор микроэлементов в составе морепродуктов делают их незаменимым компонентом здорового питания, а малая зависимость их добычи от природно-климатических факторов, в отличие от производства сельскохозяйственной продукции, обеспечивает непрерывное поступление свежей белковой продукции на продовольственный рынок.

Единство водного пространства планеты, а также способность водных организмов к миграции на большие расстояния поднимают проблему их использования и охраны на международный уровень.

Вместе с тем некоторые исследователи предсказывают полную деградацию промышленного рыболовства к середине века в связи с катастрофическим истощением рыбных запасов.

Цель работы: на основе анализа международно-правовых документов и российского законодательства выявить различия в определении понятия водных биологических ресурсов и особенности территориального принципа их деления, как понятийной основы законодательных актов в сфере их использования и сохранения.

*Различные подходы к определению водных биологических ресурсов*

Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» определяет эти ресурсы как «рыбы, водные беспозвоночные, водные млекопитающие, водоросли, другие водные животные и растения, находящиеся в состоянии естественной свободы» [2, п. 1.1 ст. 1], и определяет цель их сохранения как совокупность мероприятий, «при которых могут быть обеспечены максимальная устойчивая добыча (вылов) водных биоресурсов и их биологическое разнообразие» [2, п. 1.7 ст. 1]. Этим же законом предусмотрено верховенство международных договоров РФ в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов над законодательством РФ [2, ст. 4].

Основным международным договором в сфере сохранения, справедливого и эффективного использования ресурсов морей и океанов является Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. [3], которую Российская Федерация ратифицировала в 1997 г.

Как в Конвенции ООН по морскому праву, так и в других международных договорах используются весьма разнообразные, не равнозначные по смыслу термины для обозначения живых организмов, обитающих в морской среде. Так, согласно Конвенции о сохранении морских живых ресурсов Антарктики 1980 г., в которой Россия принимает участие, «морские живые ресурсы означают популяции плавниковых рыб, моллюсков, ракообразных и всех других видов живых организмов, включая птиц» [4]. Тем самым в перечень морских живых ресурсов включены нехарактерные для аналогичных определений птицы.

Основным термином, принятым в Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. для

обозначения водных биологических ресурсов, является термин «морские ресурсы» (marine resources). Он не соответствует по объему термину «водные биологические ресурсы», содержащемуся в российском законодательстве, так как относится лишь к организмам, обитающим в морской среде, и не принимает во внимание обитателей пресноводных водоемов, в то время как некоторые виды организмов нельзя однозначно считать морскими. Таковыми являются проходные рыбы, которые проводят часть жизненного цикла в морях, а другую часть жизненного цикла – в реках.

*Территориальный принцип деления водных биологических ресурсов*

Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. не признает деления природных ресурсов на международные и национальные. Однако ареалы обитания некоторых живых организмов весьма обширны и могут находиться в морских пространствах сразу нескольких государств. Кроме того, некоторые водные обитатели способны к перемещению на большие расстояния, поэтому для условного разделения морских ресурсов по территориальному (пространственному) признаку в международном праве закреплены различные их категории.

Согласно российскому законодательству в зависимости от характера (направления и протяженности) миграций водные биоресурсы подразделяются на следующие: анадромные, катадромные, трансграничные, трансзональные и далеко мигрирующие виды.

«Анадромные виды рыб – виды рыб, воспроизводящихся в пресной воде водных объектов в Российской Федерации, совершающих затем миграции в море для нагула и возвращающихся для нереста в места своего воспроизведения» [2, п. 1.2 ст. 1]. Данный инстинкт возвращения рыб на нерест в ту же реку, где они были рождены, получил название «хоминг».

К числу анадромных проходных рыб северного полушария относятся лососи (кета, горбуша, нерка, кижуч, чавыча), осетровые, некоторые сельди, карповые и окуневые.

Анадромные рыбы весьма востребованы на мировом продовольственном рынке. Высокие вкусовые качества и крупные размеры тихоокеанских лососей, постоянство сроков и путей миграций сделали их весьма удобными объектами добычи (вылова) как в реках, так и в открытом море. Это представляет особый интерес для Российской Федерации, так как значительная часть данных ресурсов образуется в ее реках.

Согласно п. 1 ст. 66 Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. [3] государства, в реках которых образуются запасы анадромных видов, несут за них первоочередную ответственность. Эта ответственность выражается в том, что данные государства должны обеспечивать сохранение запасов анадромных видов рыб по всему ареалу обитания путем принятия соответствующих мер и установления правил по регулированию их промысла. Другие государства, заинтересованные в использовании анадромных видов рыб, могут вести их промысел в открытом море только после консультаций и достижения соглашения с государством, в водах которого эти природные ресурсы образуются [3, ст. 66].

В связи с необходимостью проведения мероприятий по сохранению запасов анадромных видов рыб, государство их происхождения несет значительные материальные затраты, связанные с обеспечением надлежащего состояния нерестовых водоемов [5].

«Катадромные виды рыб – виды рыб, воспроизводящихся в море и проводящих большую часть своего жизненного цикла во внутренних водах Российской Федерации и в территориальном море Российской Федерации» [2, п. 1.3 ст. 1]. Начальный этап их жизненного цикла проходит в открытом море, в то время как больший период жизни катадромные виды проводят в реках и других внутренних водоемах. После этого половозрелые особи совершают миграции из рек в моря для икрометания. Типичным представителем катадромных видов рыб является морской угорь.

Нормами Конвенции ООН по морскому праву устанавливаются особые правила эксплуатации запасов катадромных видов [3, ст. 67]. Их промысел ведется только в водах от берега до внешних границ исключительной экономической зоны (до 200 морских миль). То государство, в водах которого эти виды рыб проводят большую часть своего жизненного цикла, обязано обеспечивать мигрирующей рыбе беспрепятственный доступ в эти воды и выход из них, а также несет ответственность за управление их запасами. В тех случаях, когда катадромные виды рыб пересекают границу исключительной экономической зоны государства, «управление такими запасами, включая их промысел, регулируется соглашением между этим государством... и другим заинтересованным государством» [3, п. 3 ст. 67].

«Трансграничные виды рыб и других водных животных – виды рыб и других водных животных, которые воспроизводятся и проводят большую часть своего жизненного цикла в исключительной экономиче-

ской зоне Российской Федерации и могут временно мигрировать за пределы такой зоны и в прилегающий к такой зоне район открытого моря» [2, п. 1.4 ст. 1]. К ним относятся такие широко используемые в пищевой промышленности виды средней ценовой категории, как сельдь, минтай, скумбрия, палтус, треска, пикша, сайда, камбала.

«Трансзональные виды – виды рыб и других водных животных, обитающих в исключительной экономической зоне Российской Федерации и в прилегающих к ней исключительных экономических зонах иностранных государств» [2, п. 1.5 ст. 1]. Ареал обитания этих морских организмов находится в пределах 200 миль от побережья и не выходит за пределы исключительной экономической зоны государства в сторону открытого моря. Однако эти виды могут мигрировать вдоль побережья, пересекая границы между экономическими зонами соседних государств. Из этого следует, что международно-правовой статус трансграничных и трансзональных видов морских организмов существенно различается. Так, ареал обитания трансграничных видов включает районы с разными международно-правовыми режимами (исключительная экономическая зона одного государства и открытое море), а ареал обитания трансзональных видов включает районы со сходным правовым режимом соседних государств, а именно экономические зоны соседних государств. Однако и в том и другом случае при ведении промысла запасов морских биоресурсов прибрежные и другие заинтересованные государства должны стремиться «прямо или через соответствующие субрегиональные или региональные организации согласовать меры, необходимые для сохранения этих запасов в прилегающем районе» [3, п. 1, 2 ст. 63].

«Далеко мигрирующие виды – виды рыб и других водных животных, которые большую часть своего жизненного цикла проводят в открытом море и могут временно мигрировать в исключительную экономическую зону Российской Федерации» [2, п. 1.6 ст. 1].

В структуре мирового вылова далеко мигрирующие виды рыб входят в первую десятку добываемых видов. Типичным представителем данной группы рыб являются тунцовые. К ним также относятся сайра, корифена, океанская акула и др. Особи далеко мигрирующих видов способны проходить большие расстояния, пересекая морские районы с разным правовым режимом. Поэтому одно государство не в состоянии обеспечить управление запасами этих ви-

дов на всем протяжении обширных ареалов их обитания. Конвенция ООН 1982 г. [3, ст. 64] уделяет особое внимание вопросам сотрудничества государств, осуществляющих промысел далеко мигрирующих видов.

Морские млекопитающие относятся к наиболее уязвимым видам морских ресурсов из-за низкой плодовитости, поздних сроков наступления половой зрелости и низкого критического уровня численности. В связи с этим они находятся под особой охраной. Россия является участником всех основных соглашений в сфере регулирования их промысла, к которым, в частности, относятся Международная конвенция по регулированию китобойного промысла 1946 г. [6], Временная конвенция о сохранении котиков северной части Тихого океана 1957 г. [7], Конвенция об охране антарктических тюленей 1972 г. [8].

Особое регулирование разработки и разведки «сидячих видов» обусловлено особенностью этих живых организмов. К ним относятся организмы, «которые в период, когда возможна их добыча (вылов), находятся в неподвижном состоянии на морском дне или под ним либо не способны передвигаться иначе, как находясь в постоянном физическом контакте с морским дном или его недрами» [9, ст. 4]. Это наиболее неоднородная в систематическом отношении промысловая группа организмов. Для предотвращения разногласий по вопросу, относятся ли те или иные виды к «сидячим», прибрежное государство обычно устанавливает и публикует перечень видов живых организмов, являющихся водными биологическими ресурсами континентального шельфа. К «сидячим видам» водных биологических ресурсов относятся крабы, лангусты, омары, осьминоги, голотурии, различные моллюски, морские ежи, морские губки и другие виды водных организмов. Они, как правило, являются сырьем для производства деликатесных продуктов питания, востребованность и ценность которых на потребительском рынке в настоящее время неуклонно возрастает.

Термин «водные растения» не определен ни в международных договорах, ни в законодательстве Российской Федерации. Как правило, под данным термином подразумевают водоросли, используемые в продовольственных, кормовых, лекарственных, косметических и других целях. Промысловое значение имеют, например, такие разновидности водорослей, как морской салат, ламинария (морская капуста), фукусы, порфира (нори), анфельция (сырье для получения агар-агара). В то же время, хозяйственно ценными являются еще десятки других

видов водорослей, относящихся к различным таксономическим группам, добыча и использование которых еще не освоены в достаточных объемах.

### Заключение

Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» определяет цель сохранения водных биоресурсов как возможность максимальной устойчивой их добычи (вылова). Иными словами, акцент делается на то, что сохранению подлежат те виды живых организмов, которые имеют определенную потребительскую ценность в настоящий момент. Вместе с тем живые биологические системы существуют как сложный комплекс взаимодействующих элементов, и ни один из этих элементов нельзя считать второстепенным. Степень взаимодействия организмов может быть весьма тесной и очевидной (по принципу хищник – жертва) или же отдаленной и опосредованной, и не всегда достаточно изученной. Тем не менее выпадение одного из звеньев пищевой цепи может разрушить целостность системы и подорвать кормовую базу востребованных «конвенционных» видов. Таким образом, отнесение к категории живых ресурсов только тех организмов, которые разрабатываются в настоящее время, неоправданно сужает данное определение и может привести к ухудшению их международно-правовой защиты. На этот счет в Конвенции ООН по морскому праву отмечено, что прибрежное государство, принимая меры по сохранению и управлению живыми ресурсами, должно, кроме того, учитывать последствия для видов, «ассоциированных с вылавливаемыми видами или зависимых от них, в целях поддержания или восстановления популяций таких ассоциированных или зависимых видов выше уровней, на которых их воспроизводство может быть подвергнуто серьезной опасности» [3, п. 4 ст. 61]. Следовательно, разумная эксплуатация водных биологических ресурсов должна базироваться на всестороннем изучении живых организмов водной среды, на мониторинге состояния самой водной среды в целом, а также на научном прогнозировании потенциальных изменений, что невозможно без тесного международного сотрудничества национальных гидробиологических центров.

Проблема охраны водных биологических ресурсов является частью глобальной проблемы сохранения биосферы как основы устойчивого развития человечества. Решение ее зависит от согласованных, консолидированных действий всех заинтересованных сторон, начиная с местного, регионального, государственного и вплоть

до международного уровня. Совершенствование законодательной базы и контроль за ее неуклонным исполнением обеспечивают решение этой сложной задачи.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова часть 2 (тема № АААА-А16-116021660054-4).*

#### Список литературы

1. Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12.12.1993 (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства РФ. 04.08.2014. № 9.
2. О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов [Электронный ресурс]: федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ (ред. от 05.12.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2018). URL: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-20122004-n-166-fz-o> (дата обращения: 06.06.2018).
3. Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву [Электронный ресурс]. URL: [http://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/unclos\\_r.pdf](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_r.pdf) (дата обращения: 06.06.2018).
4. Конвенция о сохранении морских живых ресурсов Антарктики // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901857477> (дата обращения: 11.07.2018).
5. Международное морское право: учебное пособие / Под ред. С.А. Гуреева. М.: Юрид. лит., 2003. 448 с.
6. Международная Конвенция по регулированию китобойного промысла // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1901342> (дата обращения: 11.07.2018).
7. Временная конвенция о сохранении котиков северной части Тихого океана (Вашингтон, 9 февраля 1957 г.) // Справочно-правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 11.07.2018).
8. Конвенция о сохранении тюленей Антарктики [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lawmix.ru/> (дата обращения: 25.06.2018).
9. О континентальном шельфе Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон от 30.11.1995 № 187-ФЗ (последняя редакция). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8560/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8560/) (дата обращения: 27.06.2018).

УДК 581.1

## БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ В СУХОЙ СТЕПИ

<sup>1</sup>Иозус А.П., <sup>1</sup>Завьялов А.А., <sup>2</sup>Крючков С.Н.

<sup>1</sup>Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с климатическими аномалиями является создание барьера в виде зеленых насаждений, которые элиминируют углекислый газ из атмосферы, смягчают глобальные климатические явления. Созданные ранее защитные лесные насаждения без должного ухода переживают процесс значительной деградации и распада. Однако на этом фоне отмечается целый ряд особенностей их функционирования. Показано, что предполагаемая ранее долговечность лесных пород оказалась несколько недооценена. Ильмовые и кустарниковые виды по сравнению с прогнозом показали достаточную устойчивость и долговечность, что связано с вопросами естественного отбора. Неустойчивые биотипы элиминировались за 40–60 лет. Насаждения с их участием перешли в разряд климаксных. В связи с чем особенно актуальными становятся вопросы устойчивости, долговечности и производительности древесных видов, форм и биотипов. Отобрано и выделено пять групп деревьев по степени возрастания солеустойчивости. Определены примерные продолжительности жизни основных древесных и кустарниковых пород в каждой из четырех выделенных категорий условий местопроизрастания. Внедрение в защитные лесные насаждения адаптированного селекционного материала прошедшего жесткий первичный естественный отбор позволит значительно повысить устойчивость и долговечность вновь создаваемых насаждений.

**Ключевые слова:** долговечность, древесные виды, адаптация, климатические изменения, солеустойчивость

## BIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WOOD SPECIES IN CONDITIONS OF GROWING DRY STEPPE

<sup>1</sup>Iozus A.P., <sup>1</sup>Zavyalov A.A., <sup>2</sup>Kryuchkov S.N.

<sup>1</sup>Kamyshinsky Technological Institute (branch) of the State Educational Institution «Volgograd State Technical University», Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru;

<sup>2</sup>Federal Research Center for Agroecology, Comprehensive Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd

One of the most effective methods to deal with climate anomalies is to create a barrier in the form of green spaces that eliminate carbon dioxide from the atmosphere, mitigate global climate events. The previously created protective forest plantations without due care experience a process of considerable degradation and decay. However, against this background, a number of features of their functioning are noted. It is shown that the previously assumed durability of forest species has been somewhat underestimated. Ilmovy and shrub species in comparison with the forecast showed sufficient stability and durability. What is related to the issues of natural selection. Unstable biotypes were eliminated in 40-60 years. Plantings with their participation passed into the category of climax. In connection with which the issues of sustainability, durability and productivity of wood species, forms and biotypes become especially topical. Five groups of trees were selected and allocated according to the degree of salt tolerance increase. The approximate life expectancy of the main tree and shrub species in each of the four selected categories of habitat conditions is determined. The introduction of protective forest plantations of adapted breeding material past the hard primary natural selection will significantly improve the stability and durability of newly established plantations.

**Keywords:** durability, wood species, adaptation, climatic changes, salt tolerance

Ожидаемые в результате глобального потепления изменения климата в России значительно усложнят общую экологическую обстановку, приведут к гибели природных и антропогенных популяций растительного мира, значительно повысят угрозу чрезвычайных ситуаций в виде засух, с сопутствующими природными пожарами, усложнят условия жизнедеятельности населения [1].

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с климатическими аномалиями является создание барьера в виде зеленых насаждений, которые элиминируют угле-

кислый газ из атмосферы, смягчают глобальные климатические явления.

В связи с чем особенно актуальными становятся вопросы устойчивости, долговечности и производительности древесных видов, форм и биотипов.

В степной и полупустынной зонах нередко нет естественных лесов и объектами отбора наилучших (плюсовых) деревьев там являются не исторически сформировавшиеся популяции древесных пород, как в лесной зоне, а искусственные насаждения инорайонного происхождения закладки 1950–1980 гг., представляющие в большин-

стве случаев смесь неизвестных климатопов. Чаще всего лесоводы в сухостепной и полупустынной зонах имеют дело с интродуцированными породами, прошедшими разные этапы интродукции [2].

Действующим приказом «Об установлении лесосеменного районирования» [3], внедрение принципа агролесомелиоративного возможно через полученный ассортимент древесных и кустарниковых видов, прошедших интродукцию, адаптацию и элементы естественного отбора.

Цели и задачи исследования: обобщение накопленного опыта селекционных работ в условиях сухой степи, изучение адаптационных механизмов у древесных пород в экстремальных условиях сухой степи Нижнего Поволжья. Оценка угнетающего и токсичного воздействия легкорастворимых солей на деревья и кустарники в экстремальных засушливых условиях.

#### Материалы и методы исследования

Объектами являлись созданные в период 1948 по 1988 гг. различные типы защитных насаждений в условиях сухой степи. Изучение воздействия легкорастворимых солей на рост, развитие и состояние древесных пород изучали по методике Е.С. Мигуновой [4]. Для оценки роста состояния жизнестойкости селекционного материала использовали методики ВНИАЛМИ [5].

#### Результаты исследования и их обсуждение

В тяжелых почвенно-климатических условиях сухостепной зоны европейской части России защитные лесные насаждения, к сожалению, в основном находятся в неудовлетворительном состоянии. Созданные

60–70 лет назад, часто из семян неизвестного происхождения без надлежащего учета почвенных условий и рельефа местности при полном отсутствии последние 30 лет не только уходов за почвой, но и простейших санитарных рубок ухода. Вопрос, конечно, можно решить применением комплекса экологических, биологических, технологических и организационных мероприятий. Наука разработала улучшенный, перспективный ассортимент деревьев и кустарников. Но, к сожалению реальных шагов, за последние 30 лет в этом направлении не сделано. Кроме этого, большой проблемой региона являются громадные площади засоленных почв, в основном лишённые растительности с небольшими скоплениями галофитов. Поэтому вопросы солеустойчивости селекционного материала и его дифференциация по этому признаку являются особо актуальными.

Ранее Е.С. Мигунова [4] на основании экспериментальных данных установила предварительные пределы допустимых, угнетающих и токсичных доз легкорастворимых солей для солевыносливых древесных пород (табл. 1). Они свидетельствуют, что в условиях почвенной засухи угнетающее действие вредных солей возрастает в несколько раз. Это обстоятельство следует учитывать при подборе ассортимента в экстремальных условиях, особенно на почвах низкой лесопригодности.

Многолетний опыт лесоразведения убеждает, что выращивание древесных видов без научного обоснования не гарантирует их нормального роста и развития в условиях засоления.

Таблица 1

Допустимые, угнетающие и токсичные дозы легкорастворимых солей для древесных пород в зависимости от характера увлажнения

Ионы вредных солей	Характер увлажнения	Содержание, % к массе почвы		
		допустимое	угнетающее	токсичное
CO <sub>3</sub> (сода)	Недостаточное	0,0050	0,005–0,01	0,01
	Умеренное	0,01	0,01–0,02	0,02
	Повышенное	0,02	0,02–0,04	0,04
Cl (хлориды)	Недостаточное	0,01	0,01–0,03	0,03
	Умеренное	0,02	0,03–0,06	0,06
	Повышенное	0,03	0,06–0,15	0,15
SO <sub>4</sub>	Недостаточное	0,01	0,1–0,3	0,5
	Умеренное	0,03	0,3–0,5	0,5
	Повышенное	0,5	0,5–1,0	1,0
Сумма ионов солей (в среднем)		<0,3	0,3–0,6	>0,6

Таблица 2

Допустимые, угнетающие и токсичные количества легкорастворимых солей для деревьев и кустарников

Категория выносливости пород	Порог токсичности, сумма солей, %	Деревья, кустарники
1	2	3
Очень слабо солевыносливые	>0,3	Ель, сосна, лиственница
Слабо солевыносливые	>0,4	Береза, липа, клен, дуб, тополь, гледичия, вяз обыкновенный
Солевыносливые	>0,5	Лох, абрикос, айлант, ясень, робиния, вяз приземистый, карагана, аморфа, смородина золотая, скумпия, жимолость, вишня войлочная, курчавка шиповатая, боярышник, ирга овальная, кизильник блестящий, миндаль низкий, спирея городчатая и зверобоелистная, маголебка, яблоня лесная, бирючина обыкновенная, пузырник восточный
Наиболее солевыносливые	>0,7	Тамариск ветвистый, терескен серый, камфоросма, кохия, полынь
Солеустойчивые	>1,5	Саксаул черный, солянки

На основании литературных данных [4] и собственных исследований [2], деревья и кустарники по устойчивости к засолению можно распределить на 5 групп по степени возрастания этого признака (табл. 2).

Несмотря на важное значение всех этих компонентов в создании долговечных и эффективных защитных лесных насаждений в аридной зоне, степень изученности их разная. Например, наукой и практикой защитного лесоразведения давно разработан наилучший ассортимент древесных видов для определенных экологических условий, на практике же часто используют малоценные, но легко выращиваемые виды. Это же касается повышения качества лесопосадочного материала. Другие же компоненты комплекса до недавнего времени не были изучены. К ним относятся вопросы организации собственных семенных баз в аридном регионе и дифференцированного лесоразведения по трассе линейных насаждений.

С самого начала организации работ по защитному лесоразведению в аридной зоне, вопросам подбора ассортимента и происхождению семенного материала не уделялось достаточного внимания. В основном использовались семена заготовленные с плодоносящих культур разных регионов, зачастую значительно отличающихся по почвенно-климатическим условиям от местных условий будущего произрастания.

Наши исследования [2, 5, 6] показали, что предполагаемая ранее долговечность лесных пород оказалась несколько недооценена. Ильмовые и кустарниковые виды по сравнению с прогнозом показали достаточную устойчивость и долговечность. Что, видимо, можно связать со снижением

интенсивности процессов деградации насаждений, связанным с тем, что в процессе естественного отбора за 60–100 лет элиминировались наиболее неустойчивые биотипы, оставшиеся представляют собой климаксные насаждения, вошедшие в устойчивое состояние. В качестве примера можно привести современное состояние гослесополос: Камышин – Волгоград, Элиста – Черкесск, «Громославская дубрава», защитных лесных насаждений Богдинской НИАГЛОС, защитных лесных насаждений опытного хозяйства ВНИАЛМИ (г. Волгоград) и др.

Вопросами подбора ассортимента древесных кустарниковых пород лесоводы начали заниматься еще в начале 19 века: немецкие колонисты, помещики в усадьбах. Ученые Г.Н. Высоцкий, Н.И. Сус при обследовании и создании первых агролесомелиоративных насаждений в конце 19 – начале 20 века. В 1930 г. был заложен А.И. Иозуд, Н.И. Сусом первый дендрологический сад на опорном пункте ВНИАЛМИ (г. Камышин), где в дальнейшем большую работу по интродукции и селекции проводил А.В. Альбенский [2].

Было испытано около 400 видов деревьев и кустарников, хотя в 1974 г. количество видов Камышинского дендрария достигло почти 700, перспективными, прошедшими первичную интродукцию признаны всего 100–120 видов. Нижневолжская станция по селекции древесных пород, используя дендрарий и другие дендронасаждения станции в качестве маточников, организовала широкое размножение прошедшего первичную интродукцию селекционного материала с последующей передачей и внедрением в озеленительные, лесоагролесомелиоративные и другие насаждения в регионе.

Таблица 3

Долговечность семенного поколения деревьев и кустарников  
в условиях сухостепной зоны юго-восточного региона ЕТР

Порода	Группа лесопригодности			
	I	II	III	IV
Деревья				
Дуб черешчатый	40–50	25–30	–	–
Вяз приземистый	25–30	20–25	10–15	5–7
Вяз обыкновенный	25–40	20–30	20–25	–
Берест	40–50	30–35	25–30	5–10
Спонтанные гибриды вяза	30–50	30–35	10–15	–
Робиния лжеакация	40–50	30–35	10–15	–
Ясень ланцетный	40–50	25–30	15–20	–
Кустарники				
Скумпия	40–50	30–40	20–25	–
Клен татарский	30–50	25–40	15–20	–
Тамариск	40–60	30–50	20–30	10–25
Карагана древовидная	50–70	40–50	30–40	–
Смородина золотая	20–25	20–25	10–15	–

Полученные данные по долговечности древесно-кустарниковых пород в условиях сухой степи (табл. 3) представляют итоги работы жесткого первичного естественного отбора в разнотипных насаждениях региона. Эти результаты можно использовать в дальнейшем для отбора селекционного материала с целью создания биологически адаптированных лесосеменных плантаций.

### Выводы

1. В экстремальных почвенно-климатических условиях региона при подборе ассортимента следует учитывать аддитивное воздействие этих факторов на древесно-кустарниковую растительность. Это обстоятельство следует учитывать при подборе ассортимента в экстремальных условиях, особенно на почвах низкой лесопригодности. В результате проведения исследований удалось выделить 5 групп деревьев по степени возрастания солевыносливости, что позволит расширить ассортимент и оптимизировать породный состав для определенных почвенно-климатических условий.

2. Выделены 4 группы условий мест произрастания и определены примерные продолжительности жизни основных древесных и кустарниковых пород в каждой из этих категорий.

### Список литературы

1. Проект государственного доклада Минприроды России о состоянии и охране окружающей среды в 2017 году: Министерство природных ресурсов и экологии РФ. URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 17.08.2018).
2. Иозус А.П., Крючков С.Н., Морозова Е.В. Селекция и репродукция древесных пород для защитного лесоразведения: монография. Волгоград: ВолгГТУ. 2016. 184 с.
3. Об установлении лесосеменного районирования: приказ от 8 октября 2015 года № 353 Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации федеральное агентство лесного хозяйства. URL: <http://les.mnr.gov.ru> (дата обращения: 17.08.2018).
4. Мигунова Е.С. Лесонасаждение на засоленных почвах. М.: Лесная промышленность, 1978. 144 с.
5. Научно-методические указания по сортоводству деревьев и кустарников для защитного лесоразведения в аридных регионах. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 51 с.
6. Семенютина А.В., Костюков С.М., Кашенко Е.В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 103–109.

УДК 631.151

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ

Ковалева О.В.

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»,  
Тюмень, e-mail: lemur.84@mail.ru

Информационные консультационные услуги являются составной частью современной системы и на сегодняшний день играют особую роль в виде связей между научно-исследовательскими организациями и сельскохозяйственным производством. Особое место в консультационной деятельности занимают выездные консультанты, которые обеспечивают доведение знаний до товаропроизводителей. Успешная работа и передача опыта регионального консультирования сельскохозяйственного производства позволит организовать в агропромышленном комплексе отлаженную систему для оказания консультаций для производителей сельскохозяйственной продукции и отдельного населения. В отличие от передовых предприятий сельхозорганизации и малые формы хозяйствования ввиду недостатка собственных денежных средств не могут осуществлять проведение экспериментальных исследований и внедрять современные разработки. Тем более за годы становления сельского хозяйства значительно сократилось количество квалифицированных специалистов в сельскохозяйственных организациях. Поэтому возникает потребность изыскания способов передачи научных разработок, которые необходимы для развития аграрного сектора. Основная цель консультационной деятельности – это повышение эффективности организации производства и стабильного производства продукции на основании передачи производственного опыта, достижений научного прогресса и передача производителям научных, технологических и рыночных механизмов.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные консультационные службы, передовой опыт, товаропроизводители, качество услуг, эффективная система

## REGIONAL CHARACTERISTICS OF THE DEVELOPMENT AGRICULTURAL CONSULTANCY

Kovaleva O.V.

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, e-mail: lemur.84@mail.ru

Information consulting services are an integral part of the modern system, which today play a special role in the form of links between research organizations and agricultural production. A special place in the consulting activity is occupied by visiting consultants who provide knowledge to producers. Successful work and transfer of experience of regional consulting of agricultural production will allow to organize in agro-industrial complex the debugged system for rendering consultations for producers of agricultural products and the separate population. Unlike the advanced enterprises of agricultural organizations and small forms of management due to lack of own funds can not carry out experimental studies and introduce modern developments. Moreover, during the years of formation of agriculture significantly reduced the number of qualified specialists in agricultural organizations. Therefore, there is a need to find ways to transfer scientific developments that are necessary for the development of the agricultural sector. The main purpose of consulting activities is to improve the efficiency of production organization and stable production on the basis of transfer of production experience, scientific progress and transfer to manufacturers of scientific, technological and market mechanisms.

**Keywords:** agricultural advisory services, best practices, producers, quality of services, effective system

При интенсификации сельскохозяйственного производства в настоящее время всё чаще возникает необходимость изыскания способов предоставления информации сельскохозяйственным производителям о современных сортах растений, выводимых породах животных, современных технологиях, о различных способах организации производственного процесса, а самое главное, управления им. В отличие от передовых предприятий сельхозорганизации и малые формы хозяйствования ввиду недостатка собственных денежных средств не могут осуществлять проведение экспериментальных исследований и внедрять современные разработки. Тем более, за годы становления сельского хозяйства значительно сократилось количество квалифицированных специалистов

в сельскохозяйственных организациях. Однако одним из основных факторов развития нашей цивилизации является удовлетворение жизненно необходимой потребности человечества в продовольствии. Эволюция этого процесса все время направлена на повышение производительности и снижение затрат на производство сельскохозяйственной продукции. В свою очередь рост производительности сельскохозяйственного производства невозможен без применения достижений науки, техники и предоставления информационных и консультационных услуг.

Цель исследования: в результате этого, на данном этапе становления агропромышленного комплекса, возникла необходимость изыскания всевозможных способов передачи и распространения информации сельхозор-

ганизациям и мелким производителям сельскохозяйственной продукции о современных достижениях и научных разработках, поскольку нет достаточно разработанного механизма подготовки и принятия решений в соответствии с постоянно изменяющимися рыночными условиями. При этом задачей является создание новых инструментов аграрной политики, которые позволили бы производителю сельскохозяйственной продукции своевременно и в кратчайшие сроки находить оптимальные варианты решения возникающих проблем.

### **Материалы и методы исследования**

Существующие способы и методы передачи информации от научно-исследовательских центров производителю не всегда осуществляются на взаимовыгодной основе. Распространение и передача информационных знаний и технологий производителю прошли различные стадии развития, начиная от обучающих консультаций, издания научных материалов до современной нанотехнологической системы [1].

Консультационные услуги являются ключевым компонентом современной системы, играющей важную роль в виде связей между исследовательскими институтами и производством. Все перечисленные звенья в разной степени использовались в агропромышленном производстве до создания консультационных центров и служб. Но тем не менее результат от их реализации имел низкую степень отдачи в связи с тем, что они проводились отдельно друг от друга различными структурами, организациями, которые не имели взаимодействия между собой.

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), плодотворно развиваются консультационные службы в 113 странах, в которых задействовано более 550 тыс. высококвалифицированных специалистов.

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

На сегодняшний день способ оказания информационных консультаций в агропромышленном комплексе включает разные уровни: федеральный, региональный и районный (рисунок).

Консультационные центры организуют не только передачу разработок и информации, но и оказывают постоянное содействие по их внедрению в производство.

Консультационные центры являются особым связующим звеном между образовательной средой, наукой и сельскохозяйственным производством. Особое место в консультационной деятельности занимают выездные консультанты, которые обеспечивают доведение знаний до товаропроизводителей. Консультанты выполняют основные виды деятельности: образовательную, информационную, консультационную, публикационную, а также участвуют в разработке государственных программ [2].

В Тюменской области консультационный центр создан на региональном уровне при Государственном аграрном университете Северного Зауралья и совместно с Институтом повышения квалификации и переподготовки кадров, сотрудники осуществляют консультационную и образовательную деятельность.

В настоящий момент организационная структура консультационного центра направлена на выполнение безвозмездных услуг или за счёт собственных средств сельхозпроизводителей. Как правило, для товаропроизводителей большой интерес представляют собой вопросы, связанные с изысканием современных материально-технических ресурсов, новыми технологиями, селекционно-генетическими инновациями, действующими нормативно-правовыми актами; разработкой бизнес-планов, как правило, такой услугой пользуются мелкие товаропроизводители; стимулированием работников и организацией работы самих предприятий.

Огромное влияние на развитие консультационных центров оказывает соответствие спроса и предложения на оказываемые услуги. Так, в области действуют порядка 2300 сельскохозяйственных предприятий разной формы собственности, из них на долю отраслей растениеводства приходится порядка 48% всей произведенной продукции в стоимостном выражении, на долю отраслей животноводства чуть более 51%, при этом задействовано более 100 сельскохозяйственных кооперативов.

Практика действующих консультационных центров показывает, что большинство из них получили государственную поддержку и после этого переходили на самофинансирование, такой переход занимал достаточно длительный промежуток времени. К примеру, Нидерланды и Дания осуществляли данный переход в течение 120 лет, Англия перешла на частичное самостоятельное финансирование спустя 50 лет.

Поэтому центры сельскохозяйственно-консультирования должны стать государственной системой, которая будет находиться в тесной связи с образованием, научно-образовательными организациями и агропромышленным комплексом в целом, на основании взаимовыгодного сотрудничества. При этом центры должны развиваться преимущественно за счет финансирования государства, так как потребности в современных консультационных услугах требуют денежных вложений с целью повышения потенциала оказывающих услуги организаций и профессионализма консультантов, а также развития механизма распространения сельскохозяйственных знаний (создание сайта, использование программного обеспечения и т.д.).



*Структура оказания информационных консультаций агропромышленного комплекса*

Главная цель консультационных центров – это выявление внутренних резервов с целью повышения эффективности работы производства, за счет контроля за количеством и качеством производимой продукции, а также стабильного производства на основании передачи производственного опыта, достижений научно-технического прогресса и доведения до производителей продукции технологической, научной и рыночной информации.

Из полученного опыта оказания консультационных услуг можно выделить основные задачи, которые должен ставить перед собой консультационный центр:

- обучить сельских товаропроизводителей современным направлениям агропромышленного производства [3], при этом для каждой категории товаропроизводителей должна быть разработана последовательная программа обучения, в которой излагается система образовательных мероприятий, обеспечивающих учебный процесс;
- внедрить научные разработки в действующее производство, используя опыт товаропроизводителей в каждой конкретной ситуации;
- повысить экономическую эффективность производства, посредством современных знаний местных рынков и динамики их изменения;
- проводить семинары, совещания, тренинги и конференции;
- организовывать выставки;
- издавать информационные материалы, обучающие методические пособия;

– использовать консультационную работу как инструмент государственной поддержки, поскольку не все товаропроизводители в достаточной мере информированы о средствах и способах реализуемых программ.

На основании проведенного анализа особенностей сельскохозяйственного производства выделены основные проблемные моменты в работе консультационного центра:

- большой объем информационной среды, которая требует обширных знаний;
- постоянно меняющиеся погодные и климатические условия местности [4];
- работа с живыми биологическими объектами;
- ограниченные сроки устранения проблем из-за сезонности производства;
- постоянный мониторинг процессов, которые одновременно влияют друг на друга;
- необходимость оптимизации большинства производств, основанных на использовании ручного труда;
- территориальная удаленность объектов;
- нехватка диагностических приборов и компьютерных программ.

Подчеркивая вышеизложенное, можно сказать, что работа консультационных центров имеет свою специфику, которую нужно учитывать для организации эффективной работы [5].

На сегодняшний день далеко не все сельскохозяйственные предприятия имеют доступ к консультационным услугам, поскольку большая часть функционирующих центров консультирования не получили

должным образом поддержку как из региональных, так и федеральных бюджетов, тем самым были вынуждены заниматься возмездным оказанием обучающих услуг и консультаций. И, получается, что такие консультационные центры могут работать только с теми сельскохозяйственными организациями, которые могут себе это экономически позволить, чего нельзя сказать о малых формах хозяйствования, которые в большинстве случаев являются неплатежеспособными. Хотя большинство из крестьянских хозяйств и других мелких товаропроизводителей, а также собственники личных подворий остро нуждаются в такого рода услугах [6].

### Выводы

По опыту оказываемых консультационных услуг, осуществляемых Государственным аграрным университетом Северного Зауралья, выделены ряд проблемных моментов, с которыми столкнулись специалисты:

- консультации, которые получают производители сельскохозяйственной продукции, выполняют частично, поэтому не всегда разработанные рекомендации оказывают необходимый эффект. Причиной тому является, как правило, недостаточное количество средств для выполнения рекомендаций либо в хозяйстве нет достаточного количества работников или хозяйство принимает данный вид услуги с целью получения субсидирования;

- оплатой работы консультантов служат денежные средства, получаемые от предприятия в рамках реализации государственных программ. Поэтому по окончании работ, выполняемых в рамках договора [7], заканчивается и работа консультанта;

- нехватка высококвалифицированных кадров, готовых оказывать консультационную деятельность.

Очевидно, что консультационный центр будет пользоваться спросом только в том случае, если будет иметь возможность предоставлять комплексные рекомендации, раскрывая финансовые и юридические стороны, а также с постоянным мониторингом результатов выполнения рекомендаций в течение длительного периода. Такие рекомендации могут давать только специалисты, которые имеют возможность постоянного совершенствования, стажирясь за границей или на передовых предприятиях страны.

Основным региональным связующим звеном государственной системы консультационных услуг в агропромышленном комплексе должна стать вузовская сеть консультационных центров на территории Тю-

менской области. В дальнейшем развитии центров сельскохозяйственного консультирования в условиях развивающейся экономики в первую очередь заинтересованы сельхозтоваропроизводители, результативность работы которых прямым образом зависит от оперативного и полного получения необходимой информации и консультаций. Имеющиеся в практической сфере примеры эффективной работы консультационных организаций различных регионов свидетельствуют об этом и являются прямым обоснованием в потребности развития сельскохозяйственного консультирования на территории Тюменской области.

Успешная работа и распространение опыта региональных центров консультирования в сельскохозяйственном производстве будет способствовать созданию в агропромышленном комплексе эффективной системы для оказания услуг сельхозтоваропроизводителям и населению. Причем данная система будет являться одним из инструментов реализации государственной агропродовольственной политики, функционировать в едином пространстве с ориентацией на повышение производительности производства, а также на создание и продвижение инвестиционных проектов в агропромышленном комплексе регионально-го уровня.

### Список литературы

1. Винничек Л., Терехина Т. Организация информационно-консультационной службы на базе высшего аграрного учебного заведения // АПК: экономика, управление. 2004. № 1. С. 56–58.
2. Ковалева О.В., Волынкина М.Г., Костомахин Н.М. Приоритетное развитие сельского хозяйства в Тюменской области // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2017. № 11. С. 3–8.
3. Ковалева О.В. Развитие молочного скотоводства в личных подсобных хозяйствах // Наука и образование: новое время. 2016. № 5 (16). С. 184–188.
4. Мотовилов К.Я., Булатов А.П., Позняковский В.М., Кармацких Ю.А., Ланцева Н.Н. Экспертиза кормов и кормовых добавок. (4-е изд., испр. и доп.). Новосибирск, 2013. 560 с.
5. Кошелев В.М. Перспективы развития системы обучения кадров информационно-консультационной службы АПК // Центр обучения кадров информационно-консультационной службы АПК РОССИИ, 2002 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ftcntr.ru/Articl/stvmk001.htm> (дата обращения: 08.07.2018).
6. Шевелёва О.М., Бахарев А.А., Криницина Т.П., Лысенко Л.А. Мясное скотоводство Тюменской области // Мир инноваций. 2017. № 1. С. 112–116.
7. Волынкина М.Г. Характеристика хозяйственно-полезных качеств у коров в хозяйстве ООО «Возрождение» Тюменской области // Новая наука: История становления, современное состояние, перспективы развития: сборник статей международной научно-практической конференции. 2017. С. 41–43.

УДК 631.51.022

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

<sup>1,2</sup>Семенов С.Я., <sup>1,3</sup>Абезин В.Г., <sup>4</sup>Семенов А.С., <sup>1,2</sup>Агеенко О.М.

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград, e-mail: pniiemt@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
Волгоград, e-mail: volgau@volgau.com;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань, e-mail: asu@asu.edu.ru;

<sup>4</sup>Крестьянско-фермерское хозяйство Семенов А.С., с. Алешики Жирновского р-на  
Волгоградской обл., e-mail: artzerno@gmail.com

Подготовку почвы в лесных питомниках выполняют по системе черного, раннего, сидерального или занятого пара. При обработке по системе черного пара производится зяблевая вспашка плугами с предплужниками, что обеспечивает накопление в почве осенне-зимней влаги, уничтожение вредителей и сорняков, накопление перегноя в нижнем слое пласта. Известные плуги зяблевой вспашки имеют целый ряд существенных недостатков по обеспечению оптимальных условий для роста и развития растений, а именно: отсутствие возможности внесения минеральных удобрений одновременно со вспашкой, недостаточная глубина обработки при вспашке плугом с предплужником, необходимость увеличения глубины пахотного горизонта, повышенное тяговое сопротивление. При подрезании лемехом пласта в горизонтальной плоскости создается уплотненное дно «плужная подошва», которая ухудшает условия роста и развития корневой системы культурных растений и приводит к снижению урожайности. После зяблевой вспашки боронование не производится, что позволяет улучшить снегозадержание и накопление влаги в почве. При весеннем бороновании обычно используются тяжелые и средние бороны БЗТС и БЗСС, которые также не обеспечивают качественной обработки почвы, так как зубья обволакиваются растительными остатками, что приводит к полному нарушению технологического процесса. При уходе за посадками сеянцев и саженцев обычно осуществляют трех-четырёхкратную культивацию на глубину до 12 см культиваторами КПС-4 или другими культиваторами, стойки культиваторных лап которых обволакиваются растительными остатками, что приводит к нарушению технологического процесса и снижению качества обработки. Таким образом, необходимо совершенствование технологий обработки почвы в лесных питомниках путем создания нового комплекса орудий для вспашки и поверхностной обработки почвы, идеи которых и представлены в данной статье.

**Ключевые слова:** лесной питомник, плуг с предплужником, высеивающее окно, высоконапорный вентилятор, тукопроводы, дисковая борона, культиватор-растениепитатель

## ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF PROCESSING OF SOIL IN FOREST NURSERIES

<sup>1,2</sup>Semenenko S.Ya., <sup>1,3</sup>Abezin V.G., <sup>4</sup>Semenenko A.S., <sup>1,2</sup>Ageenko O.M.

<sup>1</sup>Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology,  
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»,  
Volgograd, e-mail: pniiemt@yandex.ru;

<sup>2</sup>Volgograd State Agrarian University, Volgograd, volgau@volgau.com;

<sup>3</sup>Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: asu@asu.edu.ru;

<sup>4</sup>Peasant farm economy Semenenko A.S., v. Alesnicki, Zhirnovsky district of the Volgograd region,  
e-mail: artzerno@gmail.com

Soil preparation in forest nurseries are system black, early, green manure or employed couple. In the processing system of the black pair is made by autumn plowing by plough with skimmers that ensures the accumulation in the soil autumn and winter moisture, elimination of pests and weeds, accumulation of humus in the lower layer of the reservoir. The depth of treatment depending on the type of soil varies between 18 ... 30 cm. Known ploughs have a number of significant disadvantages that do not provide optimal conditions for the growth and development of plants, namely: the absence of the possibility of simultaneously with plowing application of mineral fertilizers, insufficient depth of treatment when plowing with a plow, the need to increase the depth of the arable horizon, increased traction resistance. When cutting the formation in a horizontal plane, a compacted bottom «plow sole» is created, which worsens the conditions of growth and development of the root system of cultivated plants and leads to a decrease in productivity. After winter plowing harrowing is not performed, which improves snow retention and moisture accumulation in the soil. In spring harrowing, heavy and medium harrows BZTS and BZSS are usually used, which do not provide high-quality tillage, since the teeth are enveloped in plant residues, which leads to a complete disruption of the technological process. When caring for planting seedlings and seedlings, usually three to four times the cultivation to a depth of 12 cm cultivators KPS-4 or other cultivators, the stands of cultivator paws which are enveloped in plant residues, which leads to disruption of the technological process and reduce the quality of processing. Thus, it is necessary to improve the designs of tools for plowing and surface treatment of soil, the ideas of which are presented in this article.

**Keywords:** forest nursery, the plow with coulter, the sowing window, high-pressure fan, ducting, disc harrow, cultivator-plant feeder

Защитное лесоразведение крайне актуально в тяжелых почвенно-климатических условиях Волгоградской области, что вызывает необходимость искусственного восстановления лесов, лесозащитных полос и ландшафтного облесения. Основой для лесовосстановления являются лесные селекционно-семеноводческие центры, где большинство культур создаются по традиционной технологии – с использованием семян с открытой корневой системой. От того, какого качества будет выращен посадочный материал, зависит успех воспроизводства леса, являющегося незаменимым источником жизнеобеспечения.

Защитные лесные насаждения снижают скорость ветра, уменьшают ветровую эрозию, эвапотранспирацию, задерживают и равномерно распределяют на полях снег и т.д.

Особенно эффективно использование лесополос в орошаемом земледелии, при котором происходит экономия оросительной воды, улучшение качества полива, повышение урожайности и снижение себестоимости продукции.

Обработка почвы в лесных питомниках является одной из важнейших технологических операций при выращивании семян и саженцев, которая обеспечивает возможность получения высококачественной продукции.

Результатами анализа существующих машин для зяблевой вспашки установлено, что плуг должен обеспечивать возможность внесения в почву минеральных удобрений, предотвращать возможность образования плужной подошвы, снижать тяговое сопротивление при обработке. Поверхностная обработка почвы должна обеспечивать рыхление почвы, ее выравнивание, уничтожение сорняков и их проростков, без обволакивания рабочих органов растительными остатками с уплотнившейся почвой, а при уходе за посадками обеспечивать возможность подкормочного внесения удобрений [1–3].

Представлена конструкция мелиоративного плуга, обеспечивающего снижение тягового сопротивления, позволяющего вносить в почвенный горизонт минеральные удобрения, предотвращающего образование плужной подошвы. Элементами представленной технологии являются разработанные конструкции дисковой бороны [4] и культиватора-растениепитателя, который производит внесение подкормочных удобрений при одновременном уничтожении сорных растений [5].

#### **Материалы и методы исследования**

Одним из важнейших требований при основной обработке почвы является сохранение структуры

почвы и ее плодородия, что зависит от правильного выбора срока обработки, уменьшение количества воздействий на почву их силы и направления [6]. Методологический замысел исследования основан на гипотезе о возможности создания комплексного орудия для обработки почвы и внесения твердых органических и минеральных удобрений в пахотный горизонт за один проход мелиоративного плуга при выращивании семян и саженцев в лесных питомниках.

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

В основной массе лесных питомников высок уровень износа техники, многие виды работ выполняются вручную. Задачей наших исследований является разработка машин и орудий для обеспечения высокой производительности труда при выращивании саженцев с высокими показателями качества и приживаемости. Технологии выращивания саженцев должны быть ориентированы на применение современных комплексов машин и орудий. В технологическом процессе выращивания саженцев механическая обработка почвы является самой энергоемкой и затратной. На обработку почвы по традиционной технологии приходится 40...50% всех энергозатрат. Необходимо конструирование современных менее энергозатратных машин и орудий, а также создание их комплексов, в том числе и для орошения питомников [7]. Чтобы вырастить саженцев для 400 га леса, необходимо всего 4,5 га орошаемого питомника.

Разработанный мелиоративный плуг включает раму 1 (рис. 1) с навесной системой 2. На раме установлен высоконапорный вентилятор 3 с приводом от гидромотора 4 гидросистемы трактора. Вентилятор 3 герметично соединен тукопроводом 5 со шнековым туковысевающим аппаратом 6. Тукопровод 5 соединен с нагнетательным патрубком 7, подключенным к высевающему окну 8 предплужника 9, выполненному между лемехом и отвалом. Перед предплужником 9 к раме 1 закреплен вертикальный дисковый нож 10. Ось дискового ножа 10 вынесена вперед относительно носка предплужника на 120...130 мм, а режущая кромка дискового ножа смещена в сторону полевого обреза на расстояние 10...30 мм. За предплужником 9 к раме 1 на стойке 11 закреплен корпус глубокорыхлителя, включающий отвал 12, лемех 13. При этом во избежание образования плужной подошвы на лезвийной части лемеха закреплены рыхлительные зубья 14, установленные под углом крошения к направлению движения плуга и выполненные из высокопрочной износостойкой стали. Форма зубьев трехгранная с режущей кромкой в передней части.

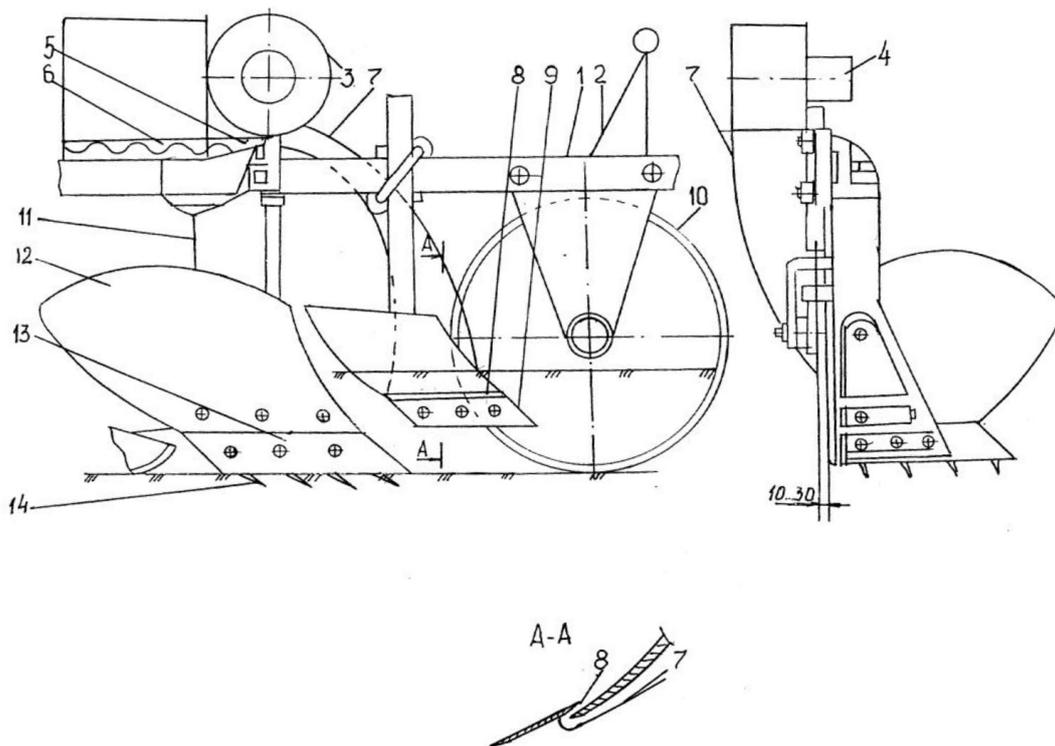


Рис. 1. Мелиоративный плуг: 1 – рама; 2 – навесная система; 3 – высоконапорный вентилятор; 4 – гидромотор; 5 – тукопровод; 6 – туковысевающий аппарат; 7 – нагнетательный патрубок; 8 – высеивающее окно; 9 – предплужник; 10 – дисковый нож; 11 – стойка; 12 – отвал; 13 – лемех; 14 – рыхлительные зубья

Мелиоративный плуг работает следующим образом.

Перед началом работы туковысевающий аппарат заполняется удобрениями НРК и устанавливается заданная норма высева. При движении плуга шнековый туковысевающий аппарат 6 подает удобрения в нагнетательный патрубок 7. Удобрения захватываются напорным потоком воздуха и транспортируются к окну 8 предплужника 9. На отвале предплужника 9 удобрения смешиваются с разрушенным предплужником пластом почвы и сбрасываются на дно борозды, образованной корпусом глубокорыхлителя, подрезанной лемехом 13 и обернутой отвалом 12. Смесь почвы с удобрениями, сброшенная на дно борозды предплужником 9, перемешивается рыхлительными зубьями 14 с почвой дна борозды. При этом рыхлительные зубья разрушают плужную подошву, что создает благоприятные условия для роста и развития корневой системы культурных растений. Вертикальный дисковый нож 10 разрезает обрабатываемый пласт почвы в вертикальной полости, снижает усилие отрыва пласта от вертикальной стенки и уменьшает тяговое усилие на обработку почвы.

Разработанная конструкция мелиоративного плуга предотвращает недостатки, присущие известным конструкциям плугов, и обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур, улучшает условия роста, развития и качество посадочного материала лесных и садовых культур.

После обработки почвы мелиоративным плугом дополнительных обработок не производится, чтобы гребнистая поверхность способствовала снегозадержанию и максимальному накоплению влаги.

Ранней весной производится обработка почвы дисковой бороной [4], которая содержит (рис. 2) раму с продольными планками 1, на нижней части которой с помощью стоек 2 закреплены вертикальные диски 3 с помощью гаек 4. Для агрегатирования дисковой бороны предусмотрены крючки 5. Продольные планки 1 выполнены по развертке винтовой линии на плоскость. На поперечных балках 6 в точках пересечения винтовых линий с образующими цилиндра установлены стойки 2 дисков 3. При такой конструкции каждый диск 3 имеет свою дорожку 7, расстояние между которыми «b», обеспечивающее рыхление почвы, резание сорняков и выравнивание поверхности.

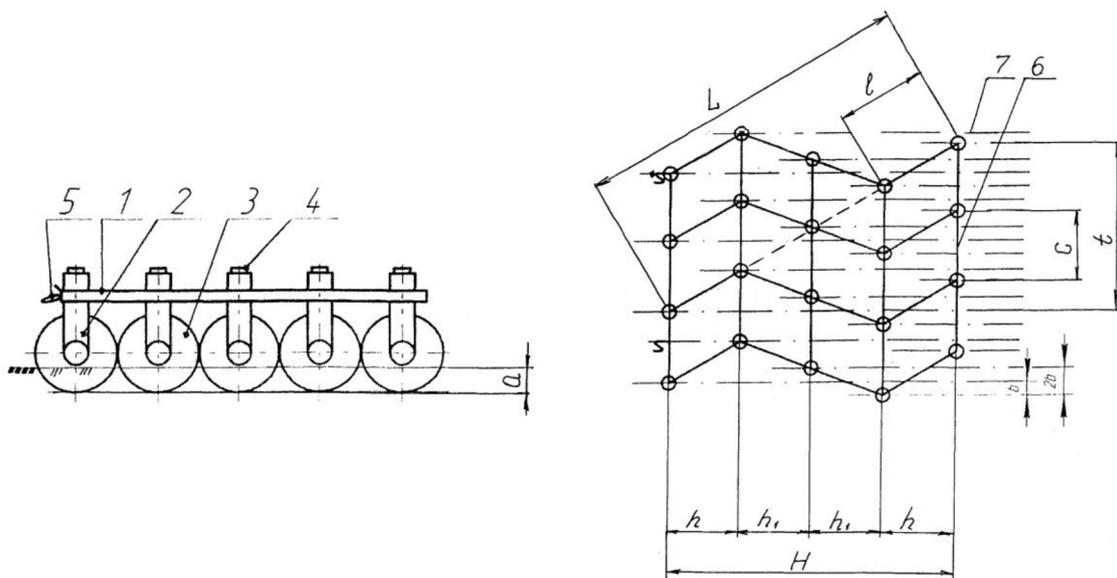


Рис. 2. Дискковая борона: 1 – продольные планки; 2 – стойки; 3 – вертикальные диски; 4 – гайки; 5 – крючки; 6 – поперечные планки; 7 – дорожки

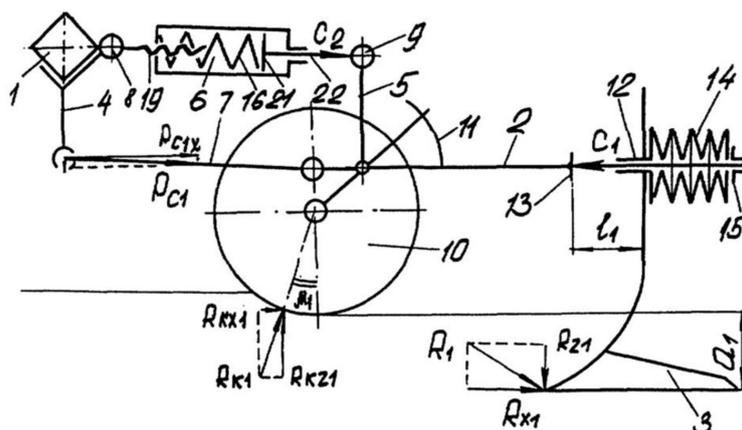


Рис. 3. Культиватор-растениепитатель: 1 – брус-рама; 2 – штанга; 3 – рабочие органы; 4 – кронштейн понизителя; 5 – подколесная стойка; 6 – упругое звено; 7 – нижняя тяга; 8 – вал качалок; 9 – вертикальные пазы; 10 – опорное колесо; 11 – механизм; 13 – упор; 14 – тарельчатые пружины; 15 – упорная гайка; 16 – упругий элемент; 17 – стяжная гайка; 18 – резьбовая часть; 19 – поводок; 20 – резьбовая крышка; 21 – подвижный упор; 22 – шток

При движении бороны по поверхности поля производится равномерное рыхление почвы без обволакивания рабочих органов растительными остатками и уплотненной почвой. При этом каждый диск выполняет самостоятельную бороздку с одинаковым расстоянием « $b$ » между бороздками. Для устойчивого хода бороны необходимо, чтобы каждый диск выполнял бороздку между бороздками, расположенными на одинаковом расстоянии от него, это обеспечивается размещением дисков по разверткам многоходового винта.

В течение летнего периода необходимо вести борьбу с сорной растительностью [8]. Для этого используется сочетание культивации пара с одновременной обработкой гербицидами [9]. Наиболее рационально при этом применение культиватора-растениепитателя [5], который включает брус 1, штангу 2, рабочие органы 3, кронштейн понизителя 4 и подколесную стойку 5 (рис. 3). Понизитель 4 и стойка 5 связаны упругим звеном 6 и тягой 7 параллелограммного навесного механизма. Звено 6 связано с валом

качалок 8 и размещено в пазах 9 стойки 5. Колесо 10 соединено шарнирно механизмом 11 изменения глубины хода рабочего органа 3, который размещен в направляющей 12 и к упору 13 поджат пакетом тарельчатых пружин 14, размещенных на штанге 2 между направляющей 12 и упорной гайкой 15. Параллелограммный механизм снабжен упругим элементом 16, размещенным в полости стяжной гайки 17, имеющей резьбовую часть 18, соединенную поводком 19 с понизителем 4. Между упругим элементом 16 и резьбовой крышкой 20 установлен подвижный упор 21 штока 22. Культиватор-растениепитатель также снабжен туковысевающими аппаратами.

Культиватор-растениепитатель работает в движении, при этом лаповыми рабочими органами подрезаются сорняки на глубине  $a_1$ . Если сопротивление рабочего органа 3 возрастает, то он перемещается вместе с направляющей в сторону упорной гайки и сжимает пружины 14. При определенной величине деформации пружин 14 направляющая 12 с лаповым рабочим органом 3 передвигается в сторону опорного колеса 10 и подрезает корневую систему сорных растений. Рабочий орган работает в режиме вибрации, что предотвращает обволакивание рабочего органа и стойки растительными остатками [10].

### Выводы

Снижение энергетических затрат при обработке почвы в лесных питомниках с созданием благоприятных условий для роста и развития семян и саженцев обеспечивается введением в конструкцию мелиоративного плуга вертикального дискового ножа, обеспечивающего отделение пласта от боковой стенки. Поверхностная обработка должна производиться дисковой боронной, снижающей тяговое сопротивление при обработке на 30%, и обеспечивает снижение лесовосстановительного периода. Обработка почвы культиватором-растениепитателем создает благоприятные условия для роста и развития растений и обеспечи-

вает возможность установления оптимальных агротехнических приемов выращивания лесных насаждений.

Разработанная технология обработки почвы в лесных питомниках, кроме создания благоприятных условий для роста и развития саженцев и семян, позволяет более чем на 20% снизить энергетические затраты на возделывание.

### Список литературы

1. Казаков В.И., Проказин Н.Е., Лобанова Е.Н. Механизация предпосевной обработки почвы в лесных питомниках // Лесохоз. информ.: электрон. сетевой журн. 2016. № 2. С. 73–80.
2. Кретинин В.М., Кошелев А.В. Проблемы агролесоводства в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 73–77.
3. Однополова И.С. Агротехника выращивания семян хвойных пород в питомниках Волжского лесничества // Эпоха науки. 2017. № 9. С. 183–196.
4. Пат. 2619279 Российская Федерация С1 МПК А01В 21/08, А01В 23/04. Дисковая борона / Абезин В.Г., Моторин В.Г., Абезин Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» № 2016116372, заявл. 26.04.16; опубл. 15.05.17, Бюл. № 14.
5. Пат. 2188525 Российская Федерация С1 МПК А01В 35/02, 35/20. Культиватор-растениепитатель / Абезин В.Г., Пындак В.И., Карпунин В.В., Салдаев А.М.; заявитель и патентообладатель Поволжский НИИ эколого-мелиоративных технологий № 2001103680/13, заявл. 07.02.2001; опубл. 10.09.2002, Бюл. № 25.
6. Байтулин И.О. Создание лесного питомника и технология выращивания посадочного материала. Костанай: Костанайполиграфия, 2009. 48 с.
7. Семененко С.Я., Абезин В.Г., Дубенок Н.Н. Разработка конструкции и обоснование параметров плужного каналокопателя // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 3 (23). С. 138–151.
8. Пужайкина И.В. Агротехника выращивания посадочного материала в условиях Кинельского лесничества // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно-практической конференции Самарская государственная сельскохозяйственная академия. Изд-во Самарская государственная сельскохозяйственная академия. Кинель, 2017. С. 92–96.
9. Бобринев В.П., Пак Л.Н., Банщикова Е.А. Агротехника выращивания семян ели сибирской в Забайкальском крае // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 3 (357). С. 70–77.
10. Василенко П.М., Бабий П.Т. Культиваторы (конструкция, теория и расчет). Киев: Изд-во АН УССР, 1961. 239 с.

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДСАЛАИРЬЯ

Шапорина Н.А., Чичулин А.В., Чумбаев А.С.

ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии» Сибирского отделения Российской академии наук,  
Новосибирск, e-mail: shaporina49@mail.ru

Представлены исследования, целью которых являлось изучение пространственной вариабельности плотности и влажности серых лесных почв Предсалаирья. Установлено, что плотность пахотного слоя почв экспериментальных площадок варьирует в достаточно широких пределах от 0,9 до 1,31 г/см<sup>3</sup>, при среднем показателе 1,04 г/см<sup>3</sup>, коэффициент вариации 9,2%. Сравнение выборок данных по плотности по горизонтам показало, что вниз по профилю происходит уменьшение дисперсии и снижение коэффициента вариации с 7 до 2% по мере увеличения средних с 1,18 до 1,42 г/см<sup>3</sup>. Вариабельность влажности в опыте носила более сложный характер, поскольку зависела от погодных условий. В результате проведенных исследований установлено, что на распределение влажности и плотности в пахотном слое оказывает влияние микрорельеф участка. Распределение свойств с глубины 30 см определяется уже морфологическими особенностями профиля. С помощью автономного регистратора влажности изучены зависимости диэлектрической проницаемости от влажности и плотности почв и подобраны аппроксимирующие их математические модели, что показало возможность использования датчиков данного прибора в качестве мобильных щупов при изучении пространственной вариабельности влажности почв.

**Ключевые слова:** вариабельность, плотность, влажность, дисперсия, коэффициент вариации

## SPATIAL VARIABILITY OF WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF DARK GRAY FOREST SOIL IN THE CONDITIONS PEDALEIRA

Shaporina N.A., Chichulin A.V., Chumbaev A.S.

*Institute of Soil science and Agrochemistry of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences,  
Novosibirsk, e-mail: shaporina49@mail.ru*

The article presents the studies aimed at studying the spatial variability of density and humidity of gray forest soils of pre-Salair. It was found that the density of the arable soil layer of the experimental sites varies within a fairly wide range from 0.9 to 1.31 g/cm<sup>3</sup>, with an average of 1.04 g/cm<sup>3</sup>, the coefficient of variation of 9.2%. Comparison of samples of data on density across the horizons showed that down the profile there is a decrease in dispersion and a decrease in the coefficient of variation from 7 to 2% as the average increases from 1.18 to 1.42 g/cm<sup>3</sup>. The variability of humidity in the experiment was more complex, because it depended on weather conditions. As a result of the research it was found that the distribution of moisture and density in the arable layer is influenced by the microrelief of the site. The distribution of properties from a depth of 30 cm is determined by the morphological features of the profile. With the help of an Autonomous humidity recorder, the dependence of the dielectric permeability on soil moisture and density was studied and approximating mathematical models were selected, which showed the possibility of using the sensors of this device as mobile probes in the study of the spatial variability of soil moisture.

**Keyword:** variability, density, moisture, dispersion, coefficient of variation

Одной из фундаментальных и неотъемлемых характеристик почв является ее вариабельность и вариабельность ее свойств, как в пространстве, так и во времени. Проблема пространственной вариабельности почвенных свойств до недавнего времени представляла лишь теоретический интерес, так как, с одной стороны, ее изучение требовало слишком больших затрат, связанных с получением первичной информации, а с другой – не существовало практической потребности в подобной информации. Однако сегодня ситуация изменилась – возникло новое направление в развитии агротехнологий – «точное земледелие», обязанное своим появлением внедрением в сельскохозяйственное производство новейших достижений вычислительной техники, информационных систем.

Возможность обработки данных по природным объектам с пространственно распределенными характеристиками обеспечивает количественное описание пространственной изменчивости почвы, повышает точность оценок почвенных свойств, а также служит основой для планирования рационального отбора почвенных проб [1].

Водно-физические свойства почв, в частности плотность и влажность – одни из важнейших физических характеристик почвы, которые обуславливают водный и воздушный режимы, как прямо, так и косвенно влияя на почвенное плодородие. Кроме того, это весьма динамические показатели. Их изменчивость в пространстве обусловлена целым комплексом факторов, изучение которых определило актуальность

представленных исследований в конкретных условиях Предсалаирья, где подобного рода исследований не проводилось.

Результаты исследований могут быть реализованы при разработке современных агротехнологий, ориентированных на использование принципов ландшафтного и точного земледелия, а также при решении важных практических задач в области агрофизики, мелиорации, экологии [2].

Целью исследований явилось изучение и оценка пространственной изменчивости плотности и влажности серых лесных почв Предсалаирья.

### Материалы и методы исследования

Исследования проводились в пределах Новосибирского Предсалаирья, расположенного в лесостепной зоне, на территории Буготакского мелко-супочника, являющегося частью Предсалаирской денудационно-аккумулятивной равнины. В качестве объекта исследований послужила темно-серая лесная почва, на долю которой в Предсалаирье приходится около 40% площади. По гранулометрическому составу – это средний суглинок иловато-крупнопылеватый, характеризуется удовлетворительной микро- и плохой макрооструктуренностью. Особенности состава порозности обуславливают повышенную влагоемкость темно-серой почвы. В метровом слое она способна удерживать около 300 мм влаги.

Две экспериментальные площадки на темно-серых почвах, размерами 5x5 м и 1x1 м, были заложены на территории Усть-Каменского противозероэрозийного стационара Института почвоведения и агрохимии СО РАН. Площадки заложены в краевой части ранее распахиваемого участка, но к настоящему времени находящегося в залежном состоянии более 15 лет. На площадке 5x5 м параметры (плотность и влажность) определялись только для пахотного горизонта, на площадке 1x1 м – по горизонтам до глубины 80 см. Для установления содержания влаги в почвах использовался термостатно-весовой метод. Параллельно с традиционными методами определения влажности использовался измерительный комплекс «Decagon», состоящий из регистратора данных Em50, датчиков ЕС-5 и программного обеспечения. Как оказалось, в использовании прибора существует методическая проблема, требующая решения и состоящая в том, что разработчиками предусмотрена возможность исключительно стационарного использования датчиков – для изучения динамики влажности в заданной точке почвенного профиля. Мобильный вариант применения датчиков ЕС-5, например – для изучения пространственной variability почвенных свойств, разработчиками вообще не рассматривался. Вопрос этот, однако, является принципиальным и в более общей формулировке сводится, по существу, к выяснению возможности использования не только относительных, но и абсолютных значений показаний датчика для измерения влажности почв.

Плотность определялась буровым методом с использованием бура Качинского объемом 100 см<sup>3</sup>. Всего в полевых условиях было произведено 250 определений плотности и влажности и более 600 замеров показаний датчиков ЕС-5 измерительного комплекса «Decagon». Кроме того, более 1000 показаний датчи-

ков ЕС-5 получены в условиях лабораторного опыта с контролируемыми условиями по плотности и влажности. Для сравнения при расчете статистических параметров использовались данные по плотности и влажности, полученные в условиях сельскохозяйственного поля в 2016 г.

### Результаты исследования и их обсуждение

Исследованиями установлено, что плотность пахотного горизонта в пределах экспериментальных площадок варьирует в достаточно широких пределах от 0,9 до 1,31 г/см<sup>3</sup>, при среднем показателе 1,04 г/см<sup>3</sup>. Интервал варьирования составляет 0,32 г/см<sup>3</sup>, коэффициент вариации 9,2%. Результаты исследования пространственного распределения плотности на площадках 5x5 и 1x1 м представлены в виде топоизоплант (рис. 1 и 2), по которым установлен характер распределения плотности, выявлены участки концентрации значений, а также сделаны предварительные выводы о причинах такого варьирования свойств в опыте. Обращает на себя внимание более плотная правая половина площадки 5x5 м, что предположительно антропогенного происхождения и связано с историей использования данной части поля. Сравнение выборок по горизонтам (площадка 1x1 м) показало: абсолютные значения плотности колеблются от 1,02 г/см<sup>3</sup> в пахотном горизонте до 1,5 г/см<sup>3</sup> в нижележащих горизонтах. Вниз по профилю происходит уменьшение дисперсии и снижение коэффициента вариации с 7 до 2% по мере увеличения средних с 1,18 до 1,42 г/см<sup>3</sup>. Среднестатистические показатели плотности слоя, лежащего под пахотным, оказались несколько ниже верхнего: 1,13 против 1,18 г/см<sup>3</sup> (рис. 2). Здесь сыграло свою роль наличие большого количества кротовин в данном слое.

Оценивая степень variability плотности в наших исследованиях, сошлемся на выводы Е.А. Дмитриева [3], который утверждает, что при определении плотности почвы буриком объемом 100 см<sup>3</sup> коэффициенты вариации редко превышают 10%, а значение  $v = 1-3\%$  представляет собой вполне обычную величину, которую низкой считать нет особых оснований. Исходя из этого, variability плотности экспериментальных площадок следует считать довольно высокой, при этом оптимальные значения плотности в пахотном горизонте (1–1,2 г/см<sup>3</sup>) преобладают.

Вариability влажности в опыте, особенно в пахотном горизонте, носила более сложный характер, поскольку зависела от погодных условий. Характер распределения влажности представлен на рис. 3, где четко видны колебания влажности до и после дождя.

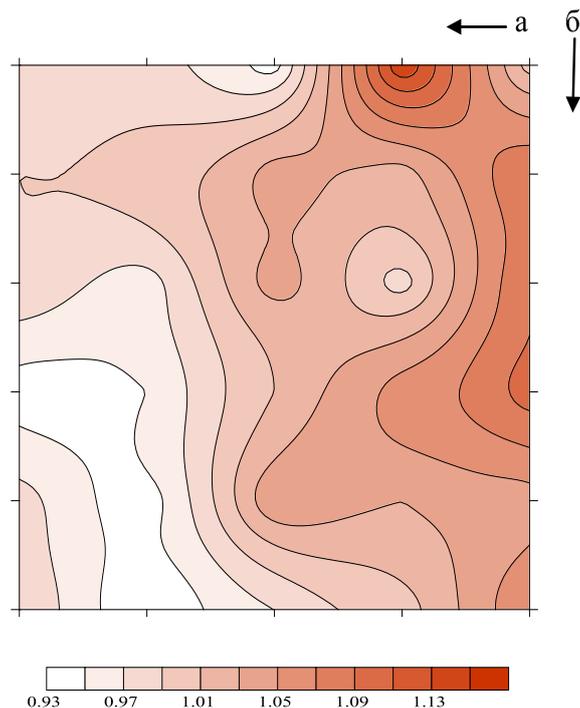


Рис. 1. Топоизоплеты плотности слоя 5–15 см экспериментальной площадки 5x5 м; —→ направление уклонов площадки, а – превышение 19 см; б – превышение 7 см (Темно-серая лесная почва, июнь 2017 г.)

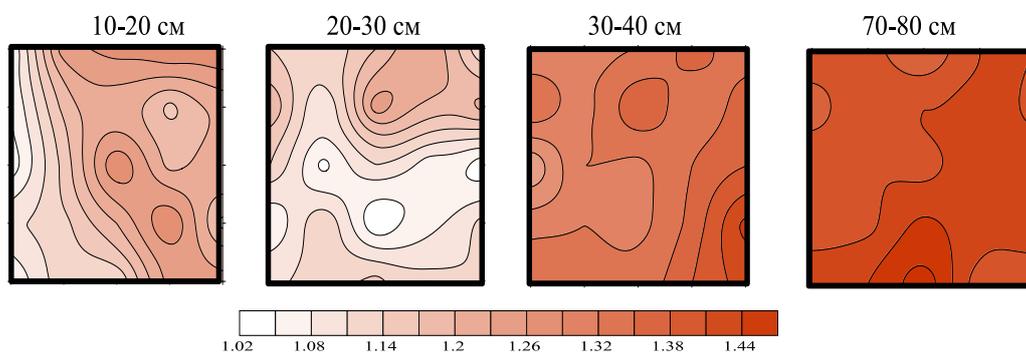


Рис. 2. Топоизоплеты плотности по слоям экспериментальной площадки 1x1 м (Темно-серая лесная почва, июнь 2017 г.)

Общий уровень увлажнения был достаточно высок и находился в пределах ВРК–НВ. Колебания средних показателей влажности составили от 24,5% до дождя до 33% после дождя (таблица).

Основными показателями, характеризующими степень однородности участков, считаются дисперсия и коэффициент вариации. Их можно использовать в качестве первого приближения для разделения участков на однородные и неоднородные в отношении того или иного свойства. В таблице представлены статистические показатели увлажнения – до дождя, сразу после

дождя, через сутки после выпадения осадков и в среднем за три периода. До дождя коэффициент вариации составлял 7%. Сразу после дождя распределение влажности становится более выровненным и коэффициент вариации снижается до 5%. Далее в период без осадков он снова поднимается до 7,7%, что свидетельствует о неравномерности просыхания верхнего слоя почвы. Началось просыхание в первую очередь с верхней части площадки из-за уклонов поверхности (рис. 3), что подтверждает выводы о влиянии микрорельефа на изменчивость почвенных свойств, сделанные в ряде

исследований. Так, в работе А.П. Сорокина [4] выявлены корреляционные зависимости между почвенными свойствами и рельефом. Корреляционный анализ показал хорошую зависимость для влажности слоя 0–10 см ( $K_{кор} 0,54$ ). Нами ранее также был проведен анализ зависимости увлажнения профиля от микрорельефа в Приобье на орошаемых черноземах.  $K_{кор}$  составил 0,49. Таким образом, с учетом временного колебания показателей влажности дисперсия в целом по участку составила 15,2, а коэффициент вариации – 13,8%.

Показания датчиков прибора варьировали в значительно более широких пределах, хотя общие тенденции, связанные с погодными условиями сохранились (таблица, рис. 3). Согласно технической документации, заводская градуировка приборов с высокой степенью точности может рассматриваться как «универсальная», т.е. – зависящая только от влажности почвы. Однако диэлектрическая постоянная, которую и измеряют датчики прибора зависит не только от влагосодержания почвы но также и от ее плотности, температуры, структуры, что требует специального исследования, постановки лабораторных и полевых опытов.

В наших исследованиях в лабораторных и полевых опытах были изучены зависимости диэлектрической проницаемости от влажности и плотности и подобран ряд аппроксимирующих их математических моделей, что показало возможность использования датчиков в качестве мобильных щупов при изучении пространственной вариабельности влажности почв. Выбор конкретной модели (градуировки) датчика следует проводить в зависимости от решаемой задачи.

В относительно сухой период средние показания прибора составляли 19,3%, после дождя возросли до 25,4%. При этом после дождя почти в два раза вырос интервал варьирования – 16,8% против 9,8%, увеличилась дисперсия до 26,2% против 5,2%, а коэффициент вариации возрос до 26,2% против 11% до дождя (таблица). Погоризонтная влажность по показаниям датчиков прибора различалась незначительно – средние показатели 30–39%. Однако интервал варьирования, в отличие от термостатно-весового метода, значительно выше – 15–16%. Также значительно выше дисперсия, которая закономерно уменьшается вниз по профилю от 13,7 до 7,8, и коэффициент вариации снижается по профилю от 12,3 до 7,1%.

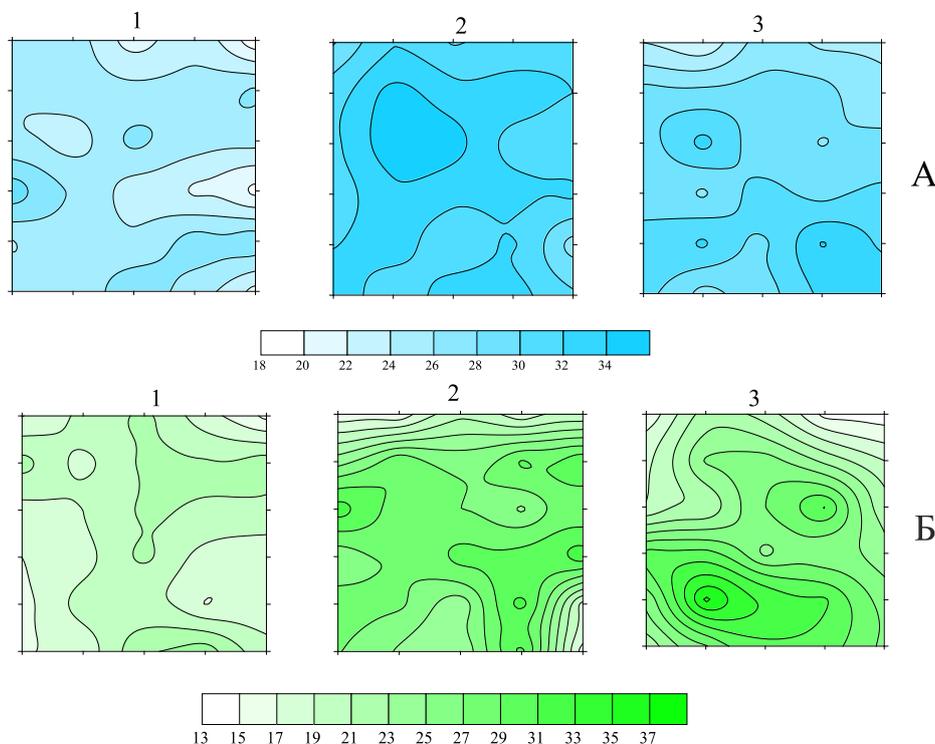


Рис. 3. Распределение влажности в % от объема в пахотном горизонте экспериментальной площадки 5х5 м; А – термостатно-весовым методом, Б – по показаниям датчиков прибора; 1 – до дождя; 2 – сразу после дождя; 3 – через сутки после дождя

Статистические показатели увлажнения пахотного горизонта экспериментальной площадки 25 м<sup>2</sup> в зависимости от погодных условий

	До дождя	Сразу после дождя	Через сутки после дождя	В среднем по трем периодам
Средние	$\frac{24,5^*}{19,3}$	$\frac{33,2}{25,4}$	$\frac{28,2}{24,6}$	$\frac{28,2}{23,1}$
Мин.	$\frac{19,5}{14,4}$	$\frac{29,0}{15,4}$	$\frac{23,0}{13,9}$	$\frac{19,5}{13,9}$
Макс.	$\frac{27,5}{24,2}$	$\frac{36,7}{32,2}$	$\frac{31,7}{37,6}$	$\frac{36,7}{37,6}$
Интервал варьирования	$\frac{8,0}{9,8}$	$\frac{7,7}{16,8}$	$\frac{8,7}{13,7}$	$\frac{17,2}{23,7}$
Дисперсия	$\frac{3,03}{5,2}$	$\frac{3,13}{26,2}$	$\frac{4,75}{31,9}$	$\frac{15,2}{28,1}$
Коэф.вариации, %	$\frac{7,1}{11,8}$	$\frac{5,2}{26,2}$	$\frac{7,7}{23,0}$	$\frac{13,8}{22,9}$

Примечание. \* в числителе влажность, определяемая термостатно-весовым методом, в знаменателе – по показаниям измерительного комплекса «Decagon».

Важным практическим выходом изучения вариабельности свойств является планирование объемов единичных выборок. Грамотно спланированным объемом можно считать такой, когда число повторностей достаточно для получения ответа с требуемой точностью и надежностью. Ставить задачу абсолютно точного планирования объемов выборок бессмысленно, но это совсем не значит, что планирование объемов вообще лишено какого-либо смысла, хотя бы потому, что объем выборки является одним из важнейших, а нередко единственным фактором, определяющим точность оценок и надежность выводов [3].

Используя расчеты, предложенные Е.А. Дмитриевым [3], нами было установлено, что объем выборки, способный обеспечить требуемую точность по плотности ( $P_{0,05} = 5\%$ ), составляет для данной экспериментальной площадки 16 образцов. По влажности площадка более выровнена: при том или ином характере погоды необходимый объем выборки составит от 7 до 12.

Обобщая литературные данные о варьировании почвенных свойств, В.П. Самсонова [5] показывает, что одни и те же свойства в зависимости от способа опробования могут иметь различные коэффициенты вариации, а распределения могут аппроксимироваться разными статистическими законами. Варьирование будет также зависеть от площади опробования: при увеличении площади опробования коэффициент вариации возрастает [5]. В нашем опыте коэффициент вариации плотности пахотного горизонта площадки 1x1 м составил 7%, а площадки 5x5 м – 9,2%. В 2016 г. нами определялась

плотность и влажность на части сельскохозяйственного поля, представляющего собой комплекс черноземов и серых лесных почв. Влажность определялась в динамике в течение вегетационного периода. Мы использовали эти данные для сравнения. Так, по плотности средние показатели в поле выше (1,19 г/см<sup>3</sup> против 1,04). Размах колебаний различается незначительно (0,38 и 0,43 г/см<sup>3</sup> соответственно), а коэффициент вариации выше, чем на площадке 5x5 м – 10,9% против 9,2%. Все показатели варьирования влажности также были выше в условиях части сельскохозяйственного поля. В относительно сухой период пространственная изменчивость в поле составляла 13,5% (площадка – 7,1%). При выпадении осадков показатели снижались, но различие по-прежнему оставалось (12,9 и 5,2% соответственно). С учетом временного фактора вариабельность влажности в поле возросла до 29,4%, что почти в 2 раза выше, чем на площадке. Это объясняется тем, что временной диапазон в поле был значительно шире.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что пространственная вариабельность плотности темно-серой лесной почвы в пределах экспериментальных площадок достаточно высокая и колеблется от 7 до 9,2% в зависимости от площади опробования. Объемы выборки при таком уровне вариации должны составлять от 10 до 16 образцов. В условиях части сельскохозяйственного поля коэффициент вариации еще выше – 10,9%. Вариабельность влажности пло-

щадки сильно колебалась в зависимости от погодных условий от 8% в относительно сухой период до 4% сразу после выпадения осадков. При расширении временного диапазона наблюдений в условиях части сельскохозяйственного поля она увеличилась до 29,4%.

Использование измерительного комплекса «Decagon» с датчиками влажности ЕС-5 показало реальную возможность мобильного использования данного прибора при изучении пространственной вариабельности. Для этих целей подобраны ряд математических моделей градуировки датчиков.

#### Список литературы

1. Сидорова В.А. Геостатистический анализ пространственной неоднородности сельскохозяйственных полей для целей точного земледелия: автореф. дис. ... канд. с/х наук. Петрозаводск, 2011. 26 с.
2. Гончаров В.М. Агрофизическая характеристика почв в комплексном почвенном покрове: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2010. 44 с.
3. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.
4. Сорокин А.П. Особенности пространственной вариабельности почвенных свойств в ландшафтах дельты Волги: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2009. 21 с.
5. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 160 с.

УДК 504.06

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ЗАКОНСЕРВИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

**Воробьева И.Б., Власова Н.В.**

*ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: irene@irigs.irk.ru*

Экологический мониторинг на законсервированных участках горных работ угольного месторождения проводится с целью оценки состояния и прогноза его изменений. Для этого была разработана система экологического мониторинга с включением в систему слежения за процессами не только техногенно измененного участка, но и его природный аналог, который является прототипом законсервированного по компонентам природной среды (почвогрунты, почвы, снег, растительность, животные) во взаимосвязи, который не подвергается сильному воздействию и находится в естественном состоянии. Оценка состояния природной среды производится с учетом данных, полученных в условиях природного аналога, ПДК и экологических нормативов региона. Данная схема экологического мониторинга была опробована в течение 5-ти лет на законсервированных участках горных пород при открытых разработках Азейского бурогоугольного месторождения Иркутского угольного бассейна. Выявлено, что в условиях консервации происходит формирование почвогрунтов, которые на современном этапе их развития представлены в основном техногрунтами, развивающимися, как на рекультивированных территориях, так и там, где этот вид работ не проводился и происходит самозаращение. Борты эксплуатационных площадок и их внутренние отвалы характеризуются развитием пионерных почв – эмбриоземов, но скорости их формирования различны. Определено, что на законсервированных площадях встречаются уцелевшие участки леса в составе березово-сосновых, березовых и осиновых высокотравных лесов со следами техногенного происхождения. Деятельность человека отрицательно сказывается на состоянии таких участков, однако сохранившиеся плодоносящие деревья являются источниками семенного материала, что способствует активному восстановлению растительного покрова. Установлено, что проведение экологического мониторинга на законсервированных участках горных работ позволяет оценить современное состояние и изменение видового состава, плотности произрастания и населения видов животного и растительного мира и трансформацию почвенно-грунтовой толщи.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, угольные месторождения, законсервированные участки

## ENVIRONMENTAL MONITORING ON CONSERVED AREAS OF ROCKS WITHOUT OPEN DEVELOPMENTS

**Vorobeva I.B., Vlasova N.V.**

*V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: irene@irigs.irk.ru*

Environmental monitoring in the conserved areas of mining of the coal field is carried out in order to assess the state and forecast its changes. For this purpose, an environmental monitoring system was developed with the inclusion in the process tracking system not only of the technogenically modified site, but also its natural analogue, which is a prototype of the conserved by the components of the natural environment (soil, soil, snow, vegetation, animals) in the relationship, which is not exposed to strong influence and is in a natural state. The assessment of the state of the natural environment is made taking into account the data obtained in the conditions of the natural analogue, MPC and environmental standards of the region. This scheme of environmental monitoring was tested for 5 years on the conserved areas of rocks in the open development of the Asian brown coal Deposit of the Irkutsk coal basin. It is revealed that in the conditions of conservation there is a formation of soil-soils, which at the present stage of their development are represented mainly by man-made soils, developing both in recultivated areas and where this type of work was not carried out and self-growth occurs. Boards of operational sites and their internal dumps are characterized by the development of pioneer soils – embryos, but the speed of their formation is different. Determined that the mothballed units occur, the surviving patches of forest composed of birch and pine, birch and aspen forests, tall grass with traces of anthropogenic origin. Human activities have a negative impact on the condition of such sites, but the remaining fruit trees are sources of seed material, which contributes to the active restoration of vegetation. It is established that the environmental monitoring on the conserved areas of mining allows to assess the current state and changes in species composition, density of growth and population of species of flora and fauna and transformation of soil-soil strata.

**Keywords:** ecological monitoring, coal deposits, canned areas

Вопросы охраны окружающей среды на всех стадиях разработки и консервации угольного месторождения требуют особого внимания и специального планирования. Уголь – самый распространенный в мире энергетический ресурс, его извлечение сопровождается огромным экологическим ущербом природным экосистемам. При добыче открытым способом земли исключаются из обращения и в дальнейшем, после

проведения рекультивации, передаются либо в лесной фонд, либо переводятся в земли сельхозназначения. Также возможен вариант, при изменении экономической ситуации, введения в повторную эксплуатацию ранее законсервированных площадей. На участках горных работ, выведенных из эксплуатации по экономическим причинам, разрабатываются проекты консервации, которые предусматривают организацию мониторинга за со-

стоянием законсервированного объекта и его влияния на окружающую среду.

Цель работы: разработка программы экологического мониторинга (системы наблюдений) за состоянием законсервированных участков горных работ при открытых разработках и их влияние на окружающую среду.

### Материалы и методы исследования

Объекты исследования – снежный и почвенный покров, почвогрунты, растительный и животный мир, трансформированные в результате угледобычи. Отбор и подготовка образцов к анализу проводились в соответствии с нормами, установленными государственными стандартами. Образцы почвы и снега отбирались и анализировались по общепринятым методикам с учетом требований ГОСТов, в сравнении с ПДК и региональным фоном.

### Результаты исследования и их обсуждение

Мониторинг – это система повторяющихся наблюдений за одним или более элементов в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой, дающих информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза ее изменений в будущем, имеющих значение для человека [1]. Экологический мониторинг – это комплекс наблюдений, оценка и прогноз под воздействием природных и антропогенных факторов [2]. Он включает в себя изучение источников воздействия, факторов воздействия, слежение за состоянием образующих его элементов (отклик живых организмов на воздействие), за изменением их структурных и функциональных показателей; при этом подразумевается наличие или получение данных о первоначальном или фоновом состоянии элементов биосферы. Оценка природной среды подразумевает всесторонний анализ состояния, вызванного воздействием различных факторов на ее компоненты (часто одновременных и усиливающих эффект воздействия).

Экологический мониторинг включает три основных вида деятельности: наблюдение за факторами воздействия и состоянием среды; оценку фактического состояния среды; прогноз состояния окружающей среды и оценку прогнозируемого состояния.

Экологический мониторинг на консервированных участках осуществляется в рамках локального мониторинга, включающего почвенный покров, флору и фауну. Основной задачей экологического мониторинга является ежегодный мониторинг экологического состояния территории. Успех обеспечивается комплексным подходом, который включает в себя мониторинг состояния всех компонентов ландшафтов и установление связей

между ними. В рамках экспериментальных исследований была разработана программа экологического мониторинга законсервированных участков горных работ бурого угольного месторождения при добыче открытым способом, где обоснованы и описаны принципы, методы, подходы и результаты экологического мониторинга за состоянием законсервированных участков горных работ при открытых разработках [3]. Согласно этой программе, экологический мониторинг проводится на двух участках: на законсервированных, где уже произошел процесс трансформации и загрязнения (стадия консервации), и его природном аналоге, что дает возможность сделать оценку с учетом постоянно меняющихся природных условий и определяет тенденции восстановления природной среды. Если результаты, полученные на законсервированном участке, превышают данные, полученные на природном аналоге, ПДК и экологические нормативы региона, прогнозируется зона негативного воздействия. Экологический мониторинг позволяет охарактеризовать современное состояние и влияние законсервированных горных выработок на изменения земельного фонда и его качественных показателей; изменения видового состава, плотности роста и численности видов флоры и фауны; трансформацию почвенно-грунтовой толщи. Степень загрязнения окружающей среды устанавливается при изучении почв, почвенно-грунтовой толщи, снежного покрова, растительности и животных. Проводимые мониторинговые работы позволяют рекомендовать для ввода в эксплуатацию законсервированные площади после некоторого времени консервации.

В начале мониторинговых исследований выбирается участок – природный аналог законсервированного участка горных работ, за пределами границ горного и земельного отводов, одновременно устанавливаются сеть мониторинговых наблюдений (точки) и сроки наблюдений. Необходимость выбора территории-аналога при выполнении мониторинговых работ на законсервированных участках основывается на том, что начальная точка наблюдений приходится на момент консервации участка, когда уже произошло максимальное техногенное изменение природных геосистем территории: выемка и складирование ПСП, грунтов и выработка угольных пластов, перемещение техногенных грунтов внутри разреза и по его периметру, что приводит к полному уничтожению первичных природных признаков территории. В таких условиях территория законсервированного участка и его окружение в границах горного и земельного

отвода не могут быть приняты за фон. Для каждого участка земной поверхности существуют территории-аналоги – это равноценные единицы элементарных геомер, которые являются идентичными по структуре и функционированию физико-географического процесса и его внешнем выражении – на топологическом и региональном уровне класса геомов [4]. Выделение территорий аналогов для законсервированных участков горных разработок заключается в установлении ведущих факторов: баланс солнечной радиации и увлажнение, геологические и геоморфологические характеристики территории, идентичность биогеоценозов, условия формирования и развития почвенного и растительного покрова.

В связи с тем, что мониторинговые работы проводятся на территориях с техногенным изменением, выбор аналога проводится в несколько этапов: 1 – изучение исторического картографического материала на земельный участок, предоставляемого для ведения горных работ: дается характеристика геологического строения, почвенного покрова, рельефа, гидрологической сети, преобладающие растительные ассоциации, климатические показатели; 2 – построение прогнозной карты (в историческом разрезе) для всего земельного участка, переданного для ведения горных работ; 3 – изучение современного картографического материала на территории, находящиеся за пределами земельного участка, на расстоянии 5 км по его периметру, вне зоны его влияния и дается характеристика геологического строения и почвенного покрова, рельефа, гидрологической сети, преобладающие растительные ассоциации, климатические показатели территории на современном этапе развития территории; 4 – проводятся полевые работы с полным ландшафтно-геохимическим обследованием территорий; 5 – границы законсервированных участков, предназначенные для ведения мониторинговых работ, отмечаются на тематических, исторических и прогнозной картах. Определяются природные характеристики территорий до их вовлечения в производство, дается прогноз на ее развитие без техногенного воздействия. Устанавливаются геологические и почвенные характеристики законсервированных областей, их прежние биогеоценозы, отношение к гидрологическим сетям и рельеф, на этих показателях основывается выбор территорий аналогов в современных условиях за пределами земельного отвода; 6 – из всего разнообразия геомер, находящихся за пределами границ земельного участка, выделяются территории с идентичными данными, соответствующими природным характери-

стикам законсервированных участков; 7 – на территорию земельного отвода и выделенных площадей, находящихся за его границами вне зоны техногенного влияния, согласно гидрометеорологическим данным строится векторная диаграмма с равномерным и регулярным распределением лучей по географическим азимутам с вершинами, указывающими стороны света в данной точке (роза ветров), которая характеризует ветровой режим с учетом направления, повторяемости и скорости ветров. Роза ветров позволяет по длине лучей построенного многоугольника выявить направление господствующего или преобладающего ветра, что позволяет определить основное направление воздушного потока, способствующего переносу загрязнений на территории, находящиеся за пределами земельного участка, выделенного для проведения горных работ; 8 – с учетом розы ветров отсекаются территории, находящиеся на пути основного переноса воздушных масс и подвергающиеся негативному воздействию при проведении горных работ; 9 – с учетом рельефа и гидрологической сети вычлняются площади, способные сорбировать в почвенном покрове химические вещества и тонкодисперсные частицы, принимая во внимание их миграционную способность; 10 – на участках, не подвергшихся техногенному воздействию при проведении горных работ вне зоны негативного влияния, выделяются территории, имеющие характеристики геомер, тождественных геомерам, характеризующие земельный отвод до начала добычи угля.

После проведения всех этапов проводится окончательный выбор, выделяются наиболее близкие или идентичные геомеры, которые и принимаются за природные аналоги. Далее выбирается один участок (природный аналог), работа на котором продолжается весь период наблюдений. Благодаря вводу в мониторинговые исследования природных аналогов появляется возможность вычлнения из общей картины загрязняющих веществ, веществ, поступающих на законсервированные площадки, с самого угольного бассейна, и техногенные вещества, поступающие от предприятий, работающих на удалении.

Разработанная программа экологического мониторинга на законсервированных участках горных пород была опробована на открытых разработках Азейского бурогоугольного месторождения, расположенного в северо-западной части Иркутского угольного бассейна. Законсервированный участок, на котором проводились мониторинговые наблюдения, располагается внутри земельного участка, выделенного для ведения горных работ (см. схему). Изучение современного со-

стояния участка и картографического материала показало, что полностью измененный участок ранее был представлен сосново-лиственничными разнотравно-кустарничковыми геосистемами пологих склонов на дерновых лесных почвах и разнотравно-луговых выположенных высоких террас речных долин водотоков второго порядка на лугово-дерновых почвах. Построение прогнозных карт с учетом физико-географических, временных и климатических характеристик территории обнаружило, что при естественном развитии природных геосистем произошло бы незначительное увеличение лесопокрываемой площади с увеличением в древостое сосны и без изменений в почвенном покрове. Изучение природных геосистем по периметру земельного отвода показало, что в окружении выделяются участки, занимаемые сосново-лиственничными разнотравно-кустарничковыми геосистемами пологих склонов на дерновых лесных почвах и разнотравно-луговых выположенных высоких террас речных долин водотоков второго порядка на лугово-дерновых почвах.

Поступление солнечной инсоляции по выбранным участкам идентично. Исследования ветровой повторяемости на территории землеотвода позволили исключить участок № 3 из претендентов на природный аналог, так как он попадает под влияние воздушно-

го переноса с территории угольного разреза. При более детальном рассмотрении оставшихся двух площадок было выявлено, что в почвенном покрове участка № 1 обнаруживаются процессы первичного подзолообразования и отмечается воздействие автомобильной и железной дорог, что также исключает данную территорию из территорий-аналогов. Участок № 2 характеризуется полной идентификацией с прогнозным состоянием мониторингового законсервированного участка. Таким образом, из трех выбранных участков репрезентативным оказался № 2, который и будет представлен как природный аналог для законсервированного участка. Он располагается на расстоянии 3 км от границы земельного отвода и не испытывает на себе дополнительного техногенного влияния.

Экологический мониторинг проводится одновременно на природном аналоге и на законсервированном участке горных пород. Оценка состояния природной среды проводится с учетом данных естественного аналога, ПДК и экологических нормативов региона. Постоянные площадки наблюдений закладываются и определяются в начале работ, их расположение и частота зависят от площади объекта. Сеть мониторинговых наблюдений включает репрезентативные точки, расположенные на территории законсервированных участков, и их природные аналоги.

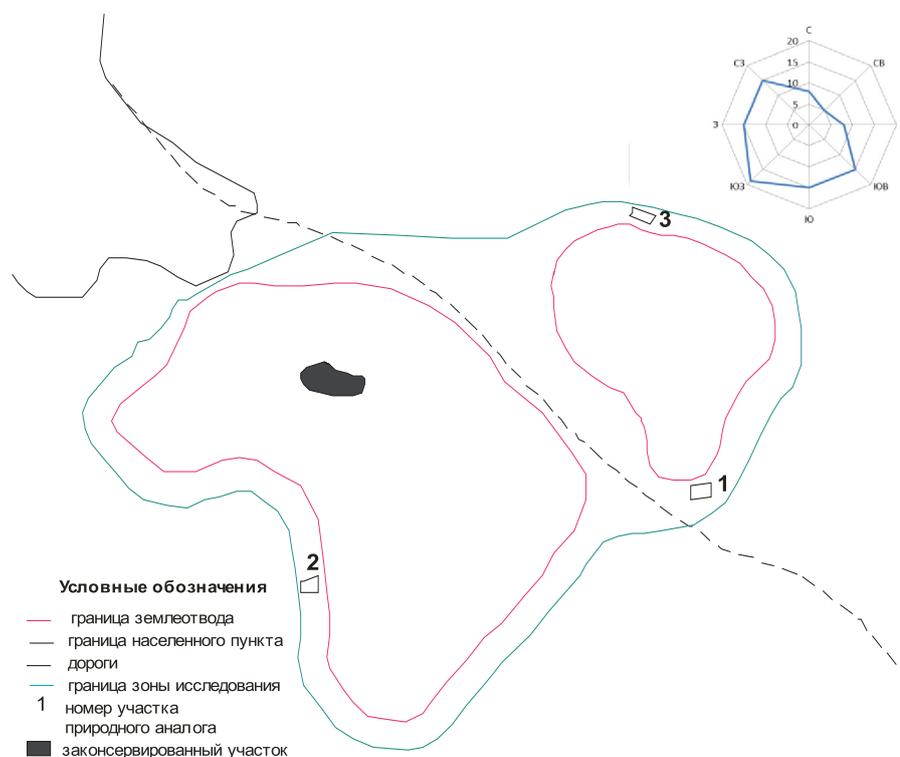


Схема расположения законсервированного участка и природного аналога

При создании системы наблюдения за состоянием окружающей среды основное внимание уделяется: а) анализу исследований по компонентам окружающей среды; б) анализу данных об источниках и масштабах техногенного влияния на окружающую среду; в) определению наилучших (количество и временной интервал) показателей. Работа сети наблюдения обеспечивает комплексную оценку загрязнения компонентов природной среды и их оперативного применения.

Время наблюдения (отбора проб) устанавливается на начальном этапе мониторинга. Периодичность отбора проб составляет два раза в год – летний (отбор почв и техногрунтов и работы по геоботаническому мониторингу) и зимний период – снегосъемка (февраль – март), определение численности, плотности и видового состава млекопитающих с использованием зимнего маршрутного метода учета (ЗМУ). Мониторинг земельных ресурсов включает оценку влияния консервируемых горных выработок на состояние и изменения земельного фонда и его качественных показателей. На прилегающих к консервируемым территориях установлены посты для мониторинга возможной трансформации почвенно-грунтовой толщи и степени ее загрязнения. Мониторинг почв сочетается с мониторингом флоры и фауны.

Законсервированные участки горных работ расположены на территории горных работ, которые находятся в эксплуатации и являются основным источником загрязнения. В таких условиях наиболее приемлемым методом определения сети мониторинга является отбор проб по сетки с четким шагом ячейки. Так как объекты мониторинга имеют сложный рельеф и неровные контуры, отправная точка сети мониторинга уточняется в ходе рекогносцировки на самом участке с учетом высоты точки, возможности улавливания и накопления переносимых загрязнений преобладающего направления ветра и его участия в ландшафтно-геохимическом профиле и др. После определения основной точки на всю площадь участка накладывается сетка с шагом 0,5 км. Сеть мониторинга охватывает весь участок мониторинга, с захватом прилегающей территории и выходом за границы законсервированного участка на 0,5 км, с фиксацией наиболее удаленных точек. Такая сеть мониторинга облегчает контроль за появлением представителей животного мира на объекте мониторинга, увеличением их численности, изменением видового состава, а также позволяет оценить площадь рассеяния и концентрацию загрязняющих веществ в почве, растительности, снежном покрове. Это дает возможность проводить

достоверную оценку воздействия объекта на окружающую среду и прогноза изменений ее состояния в будущем, что приведет к снижению риска загрязнения окружающей природной среды и возникновения сложных экологических ситуаций.

Концентрации загрязняющих веществ в отобранных пробах (почва, растительность) определяются количественным химическим анализом. Проведенные анализы и расчет коэффициентов позволяют контролировать концентрации элементов, обладающих миграционной способностью накапливаться в почвогрунтах или растительности и выноситься за пределы объекта мониторинга. В почвенных разрезах отбор проб производится по слоям с глубин: 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50 см, а на образовавшихся почвах – под типичными горизонтами. Отбор образцов растений осуществляется на площади 250 см<sup>2</sup> в трех повторностях с разбором по видам.

Были применены методы биотестирования и биоиндикации, которые включают определение биологической активности и токсичности почв. Методы биоиндикации и химико-аналитических исследований дополняют друг друга и повышают информативность и надежность исследований. Анализ образцов по сертифицированным методикам дает возможность оценить качество окружающей среды с выявлением предпосылок возникновения условий для иницирования процессов самовосстановления на законсервированном участке.

Система экологического мониторинга за состоянием почвогрунтов базируется на ландшафтно-геохимической дифференциации и наиболее вероятных путях поверхностной и грунтовой (подпочвенной) миграции загрязняющих веществ в соответствии с требованиями ГОСТов [5, 6]. Обязательному контролю подлежат структура, физические свойства – гранулометрический состав, объемная масса, влажность и др., химические свойства – рН, содержание гумуса, азота, карбонатов CO<sub>2</sub>, легкорастворимых солей, физико-химические свойства – обменные основания, обменные катионы – Na<sup>+</sup>, Al<sub>3</sub><sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, тяжелые металлы, биологическая активность почв, токсичность. Параметры подбираются с учетом процессов, происходящих в естественно зарастающих отвалах, на рекультивируемых участках и участках консервации бурогольного месторождения.

Снежный покров фиксирует фактический объем выпадения загрязняющих веществ в холодное и продолжительное время года. Данные, полученные методом снегосъемки, показательны, так как снежный

покров, являясь депонирующей средой, обладает интегральным отражением приземной концентрации атмосферных примесей. После транспортировки образцов снеговой воды в лабораторных условиях в них, согласно ГОСТ [5], проводятся аналитические работы по определению химического состава и качества стандартизованными методами.

Мониторинг состояния растительного покрова – долгосрочный процесс: от пионерного до эквифинального (конечного), обнаружение реакции растительного покрова и, прежде всего, редких видов на антропогенное воздействие, определение охраняемых видов на прилегающих территориях. При проведении мониторинговых исследований за растительным покровом особое внимание уделяется морфологическим особенностям листьев, пигментации на стволе и листьях, окраске, а также выявлению различных аномалий.

Система экологического мониторинга за состоянием животного мира основывается на оценке численности популяций животных, в том числе включенные в Красную книгу Российской Федерации, Красную книгу Иркутской области на территории законсервированных участков, а также прогноз состояния популяций редких видов животных и мест их обитания. Оценка численности, плотности и видового состава популяции животных, структурных особенностей, особенностей биотопической локализации в пределах выявленных типов местообитаний основана на результатах маршрутных исследований, что позволяет оценить исходную численность животных их видового разнообразия и проследить характер и направление изменений как в видовом, так и в численном направлении.

Одновременно эта же работа проводится на заранее выбранном участке природного аналога, который находится за пределами законсервированного участка.

Предложенная схема экологического мониторинга на законсервированных участках горных работ была апробирована в течение 5 лет при открытых разработках Азейского бурогоугольного месторождения, расположенного в Тулунском районе Иркутской области в северо-западной части Иркутского угольного бассейна. Работы проводились на трех законсервированных участках «Производственный участок Разрез Азейский Филиал Тулунуголь ООО компания ВостокСибУголь» и позволили выявить следующие тенденции: восстановление плодородного слоя почвенного покрова; активное восстановление рас-

тительного покрова; увеличение ареалов распространения обитающих животных (заход с природных территорий на законсервированные участки).

### Заключение

Проведение экологического мониторинга на законсервированных горных выработках позволяет оценить современное состояние и изменение видового состава, плотности произрастания и населения видов животного и растительного мира и трансформацию почвенно-грунтовой толщи.

В результате экологического мониторинга выявлено, что в условиях консервации происходит формирование почвогрунтов, которые на современном этапе их развития представлены в основном техногрунтами, развивающимися, как на рекультивированных территориях, так и там, где этот вид работ не проводился и происходит самозарастание. Борты эксплуатационных площадок и их внутренние отвалы характеризуются развитием пионерных почв – эмбриоземов, но скорости их формирования различны. Незначительные площади представлены дерновыми лесными и дерновыми лесными слабоподзоленными.

На законсервированных площадях встречаются уцелевшие участки леса. Преимущественно это березово-сосновые, березовые и осиновые высокотравные леса со следами техногенного происхождения – вырубкой крупных экземпляров деревьев, свалками, стоянками техники, что приводит к частичному снятию и повреждению верхних горизонтов почвы. Деятельность человека отрицательно сказывается на состоянии таких участков, однако сохранившиеся плодоносящие деревья являются источниками семенного материала.

### Список литературы

1. Мачулина Н.Ю. Экологический мониторинг. Ухта: УГТУ, 2016. 168 с.
2. Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 году. Иркутск: Изд-во «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», 2016. 335 с.
3. Пат. RU 2655623 Способ экологического мониторинга на законсервированных участках горных работ / Власова Н.В., Воробьева И.Б., заявитель и патентообладатель Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 016141409/15(066279); заявл. 21.10.2016; опубл. 17.04.2018.
4. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 318 с.
5. Андроханов В.А., Курачев В.Н. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / Отв. ред. А.И. Сысо; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
6. Якунина И.В. Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. 188 с.

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МОНОГОРОДОВ:  
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КРАСНОКАМЕНСКА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ)**

**Гурова О.Н.**

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, e-mail: lesg@bk.ru*

Статья посвящена рассмотрению социоэкономических проблем г. Краснокаменск Забайкальского края и его возможным перспективам. Острота проблем в моноспециализированных населенных пунктах определяется тем, что деятельность одного или двух градообразующих предприятий является первостепенной для их экономики. Снижение спроса на продукцию таких предприятий влечет за собой сокращение объемов производства, уменьшение числа занятых, безработицу и, как следствие, ведет к большой социальной напряженности. Для преодоления отрицательных явлений в экономике необходим учет местных особенностей городов: природно-ресурсных, экономических. Отмечается, что для г. Краснокаменска, как и для других монопрофильных поселений края, характерны неблагоприятные демографические явления, экономические проблемы на градообразующем предприятии. Однако то, что Краснокаменск является вторым по величине городом в Забайкальском крае, включен в федеральный перечень моногородов, его градообразующим предприятием является крупное уранодобывающее предприятие в России, а также получение статуса территории опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР), позволяет рассматривать его в более выгодном положении, по сравнению с другими моноспециализированными поселениями края. Положительный эффект от реализации такого институционального инструмента, как создание ТОСЭР в ресурсных регионах, заключается в больших возможностях для привлечения инвесторов и в перспективе должен проявиться в стабилизации социально-экономического положения и повышении качества уровня жизни населения и городской среды.

**Ключевые слова:** Краснокаменск, моногород, проблемы социально-экономического развития, территории опережающего развития

**PROBLEMS AND PROSPECTS OF SOCIAL-ECONOMIC DEVELOPMENT  
OF MONOSPECIALIZED URBAN SETTLEMENTS: (ON THE EXAMPLE  
OF THE KRASNOKAMENSK OF THE TRANSBAIKAL TERRITORY)**

**Gurova O.N.**

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Chita, e-mail: lesg@bk.ru*

The article is devoted to the consideration of the socioeconomic problems of the city of Krasnokamensk of the Trans-Baikal Territory and its possible prospects. The severity of problems in mono-specialized settlements is due to the fact that the activities of one or two city-forming enterprises are crucial for their economy. Decrease in demand for products of such enterprises leads to a reduction in production, a reduction in the number of employed, unemployment, which leads to great social tension. To overcome the negative phenomena in the economy, it is necessary to take into account local peculiarities of cities: natural resource, economic. It is noted that for the city of Krasnokamensk, as well as for other mono-profile settlements of the region, unfavorable demographic phenomena, economic problems at the town-forming enterprise are characteristic. However, the fact that Krasnokamensk is the second largest city in the Trans-Baikal Territory is included in the federal list of single-industry towns, its major enterprise is a large uranium mining enterprise in Russia, as well as obtaining the status of the territory of advanced social and economic development (TASED), allows it to be viewed in more advantageous position, in comparison with other mono-specialized settlements of the region. The positive effect of the implementation of such an institutional tool as the establishment of TASED in resource regions lies in the great opportunities for attracting investors and in the long term should manifest itself in stabilizing the socio-economic situation and improving the quality of living standards of the population and the urban environment.

**Keywords:** Krasnokamensk, monocities, problems of social and economic development, territories, of advanced development

Геоурбанистика – одна из динамично развивающихся областей географической науки для решения вопросов развития городов и систем расселения. Изучение процессов и тенденций социально-экономического развития городов имеет большое значение, так как в городах концентрируется интеллектуальный, экономический и социокультурный потенциал общества.

Забайкальский край – субъект РФ, расположенный на юге азиатской части Рос-

сии. В целом Забайкальский край относится к депрессивным регионам. Закрытие предприятий и падение объемов производства в 1990-е гг. привели к сокращению занятости населения, росту безработицы и уменьшению доходов населения, что привело к негативным демографическим и экономическим процессам, наблюдаемым в настоящее время. В городах края, которых всего 10, естественная убыль населения усиливается воздействием миграционного оттока.

В связи с чем должны приниматься меры, направленные на преодоление отрицательных тенденций и улучшение ситуации в экономике – создание новых рабочих мест и мер социальной защиты населения. Города рассматриваются как часть системы расселения муниципальных районов, поэтому их развитие должно происходить с учетом расширения и усиления связей с соседними поселениями. Большинство городов в Забайкальском крае (как и г. Краснокаменск) размещены за пределами радиуса влияния краевого центра (удалены на сотни километров), что сдерживает увеличение с ним связей и является ограничивающим их развитие внешним фактором. Особенную важность сохраняет наличие транспортной функции городов. Наличие железнодорожных станций в городах является их конкурентным преимуществом, так как обеспечивает занятость населению. Особенности природно-ресурсного потенциала Забайкальского края, региона с сырьевой направленностью экономики, обусловили специфику населенных пунктов, которая выразилась в привязке к ресурсному потенциалу и образованию монопрофильных населенных пунктов. Целью исследования является рассмотрение проблем и перспектив развития моногорода Краснокаменск.

#### **Материалы и методы исследования**

В работе использовался анализ литературы, географо-статистический метод, данные официальной статистики и сайтов Забайкальского края. В качестве объекта исследования выступает город Краснокаменск Забайкальского края.

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

Город Краснокаменск является административным центром муниципального образования «Город Краснокаменск и Краснокаменский район», располагается в безводной сухостепной местности, в 560 км по железной дороге от г. Читы. Возник в связи с освоением Стрельцовского месторождения урана [1, с. 138].

Краснокаменск является самым молодым и вторым по величине после краевого центра (г. Чита) городом в Забайкальском крае (таблица, рисунок), основанным в 1968 г. как поселок и получившим статус города в 1969 г. В городе развита промышленность и инфраструктура, функционирует железнодорожная станция.

По численности населения г. Краснокаменск является средним по размеру городом, (численность составляет от 50 до 100 тыс. чел.), остальные города являются малыми (до 50 тыс. чел.).

Численность населения в городе в 2015 г. по сравнению с 1989 г. сократилась на 14405 чел. На изменение общей численности населения оказывает влияние естественная и миграционная убыль. Так, по данным [2] в городе с 2009 по 2014 гг. отмечался небольшой естественный прирост, который составлял в 2009 г. – 130 чел., в 2010 – 168 чел., в 2011 г. – 96 чел., в 2012 г. – 207 чел., в 2013 г. – 249, в 2014 г. – 56 чел. Однако миграционная убыль в городе в среднем за 6 лет (с 2009 по 2014 гг.) составила – 770 чел. Таким образом, положительный естественный прирост, отмечающийся в городе в 2009–2014 гг., не дает увеличения численности населения в связи с довольно высокой миграционной убылью. Тогда как по данным авторов [3] ранее недостаток естественного прироста компенсировался притоком мигрантов.

По данным [2] в трудоспособном возрасте в 2013 г. насчитывалось 32883 чел., в 2014 г. – 31736 чел., в 2015 г. – 31254 чел., в возрасте старше трудоспособного – 10879 чел. в 2013 г., 10837 чел. – в 2014 г. и 11086 чел. – в 2015 г., и в возрасте младше трудоспособного – в 2013 г. – 11451 чел., в 2014 г. – 11679 чел., в 2015 г. – 11439 чел. Таким образом, сохраняется тенденция сокращения населения в трудоспособном возрасте и уменьшения населения младшего возраста, увеличения старшего трудоспособного возраста. Причинами миграционного оттока являются сложности в нахождении работы, особенно хорошо оплачиваемой, нежелание жить в депрессивном регионе, невысокий уровень жизни населения. Эта проблема характерна не только для г. Краснокаменска, но и в целом для края (таблица), когда развитые центры регионов концентрируют население, а из удаленных от них периферийных территорий (малые города, сельская местность) происходит его отток. Решение этого вопроса зависит от комплексных мер, предпринимаемых Правительством и регионами для обеспечения экономического роста. Задачи по улучшению демографической ситуации должны решаться при реализации мер соответствующих федеральных, областных и районных целевых программ, мероприятий по развитию здравоохранения, социальной поддержки населения. Проблемы демографического характера отражаются на экономике, так как ведут к недостатку трудовых ресурсов.

Город включен в федеральный перечень моногородов. Строительство его связано с освоением крупного месторождения урана. Градообразующее предприятие

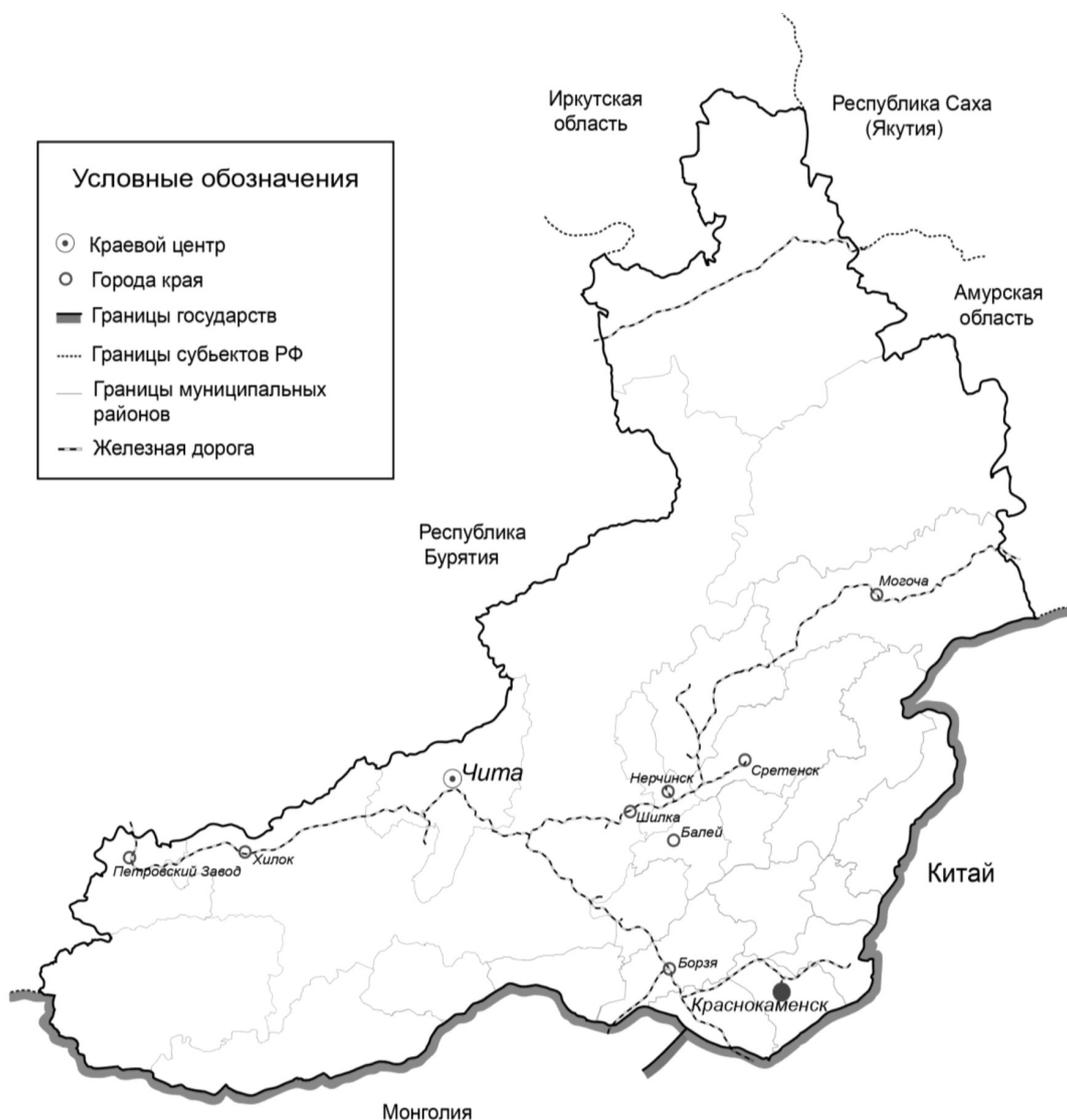
города «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ПАО «ППГХО»), входит в состав Уранового холдинга «АРМЗ» (ОАО «Атомредметзолото») – крупной уранодобывающей ком-

пании. Город и предприятие обеспечены тепло- и электроснабжением за счет ТЭЦ, расположенной вблизи города. ТЭЦ работает на угле, добываемом на разрезе Уртуйского месторождения бурого угля [2].

Численность населения, на 1 января (чел.)\*

Город	Годы						Разница между 1989 и 2015 гг.
	1979	1989	2002	2010	2012	2015	
Чита (краевой центр)	302600	362500	317183	323246	327400	339929	22571
Краснокаменск	51000	68200	58128	56987	55400	53795	-14405
Забайкальский край	1233400	1375300	1155340	1108791	1099396	1087452	-287848

Примечание. \*Составлена по стат. сборникам [10–15].



Город Краснокаменск в Забайкальском крае

Объединение осуществляет добычу урана, угля, в его состав входит гидрометаллургический завод с подразделением по производству серной кислоты, ремонтно-механический завод, автохозяйство. Годовая производительность угля – 3 млн т. В 2009 г. открыт новый, крупнейший на востоке России сернокислотный завод (проектная производительность 360 тыс. т в год). В 2015 г. среднесписочная численность персонала объединения составляла 8 тыс. чел. [4]. В 2014 г. на ППГХО была угроза массового сокращения работников [5].

Экономические проблемы предприятия связаны с тенденцией снижения выпуска концентрата природного урана в результате сокращения его содержания в руде и, как следствие, ростом издержек производства, износом основных фондов [2].

Одно из серьезных исследований, посвященных проблемам монопрофильных поселений в России, было проведено в 2013 г. Центром стратегических разработок по заказу группы компаний «Базовый элемент» (российской финансово-промышленной группы). В результате исследования были предложены три модели, отличающиеся мерами поддержки в решении проблем моноспециализированных поселений: «управляемое сжатие», «стабильный моногород» и «индустриальная диверсификация» [6]. Поддержка поселений, попадающих под различные модели, зависит от существующей в них социально-экономической ситуации. Так, Индустриальная диверсификация может быть применена для городов, имеющих инвестиционный потенциал, в которых создание муниципальных индустриальных парков, является наиболее удобной формой организации деятельности среднего бизнеса. В 2014 г. в г. Краснокаменске был создан промышленный парк [7], деятельность которого связывается с размещением производств субъектами малого и среднего предпринимательства.

Кроме этого в качестве инструмента управления развитием территории г. Краснокаменск в июле 2016 г. получил статус территории опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР), целью которой является развитие моногорода путём привлечения инвестиций и создания новых рабочих мест и, как следствие, стабилизация социально-экономического положения и повышение качества уровня жизни населения. Территория опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР) – часть территории субъекта РФ, на которой установлен особый правовой режим осуществления деятельности [8]. К концу 2017 г. на территории моногорода зареги-

стрировано 4 резидента ТОСЭР: Акционерное общество «Атомспеццемент», Общество с ограниченной ответственностью «Краснокаменскпромстрой», Общество с ограниченной ответственностью «Краснокаменский сурьмяный комбинат», Общество с ограниченной ответственностью «Медицинский центр «Азбука здоровья». Резиденты ТОСЭР получают преференции в виде налоговых льгот, сокращения выплат в различные фонды, а также коммунальные услуги по пониженным тарифам.

### Заключение

При рассмотрении перспектив городов с моноспециализированной экономикой, к которым относится Краснокаменск, численность населения имеет очень большое значение. Малые и средние города, небольшие городские поселения в восточных районах страны имеют большое значение в социально-экономическом развитии этих территорий в связи с меньшей плотностью населения и большой разрозненностью городов в Сибири. Ранее нами отмечалось [9], что в небольших по численности городских поселках при выработанном месторождении, закрытие или консервация производства градообразующего предприятия, приводящие к безработице трудоспособного населения и миграционному оттоку, могут привести их к ликвидации. В крупных монопрофильных городах на их градообразующих предприятиях занято большое количество населения, и поэтому более велика вероятность ухудшения социальной ситуации при экономических проблемах на таких предприятиях [9].

Для экономического развития г. Краснокаменска серьезным вопросом является диверсификация экономики – создание новых и развитие имеющихся производств с опорой на ресурсный потенциал территории [2]. Развитие обрабатывающей промышленности, предпринимательства, улучшение социальных условий жизни населения являются мерами по оптимизации социально-экономической ситуации. Становление альтернативных производств связано с привлечением инвесторов, поэтому реализация инвестиционных проектов позволит создать постоянные и временные рабочие места. В перспективе развитие города должно осуществляться в нескольких направлениях: модернизация градообразующего предприятия, появление альтернативных производств и развитие предпринимательства. Создание ТОСЭР в городе должно способствовать устойчивости социально-экономического положения и повышению качества уровня жизни населения.

**Список литературы**

1. Чечель А.П., Патрина С.К. Краснокаменск. Энциклопедия Забайкалья. Читинская область. Том III. И-Р. Новосибирск: Наука, 2006. С. 138–139.
2. Комплексный инвестиционный план развития монопрофильного городского поселения «Город Краснокаменск» на 2010–2020 годы. Краснокаменск, 2010, 2014. URL: [http://минэконом.зabayкальскийкрай.рф/strategicheskoe\\_planirovaniya\\_i\\_makroekonomicheskoe\\_prognozirovanie\\_monogoroda/kompleksnyye\\_investicionnyye\\_plany.html](http://минэконом.зabayкальскийкрай.рф/strategicheskoe_planirovaniya_i_makroekonomicheskoe_prognozirovanie_monogoroda/kompleksnyye_investicionnyye_plany.html) (дата обращения: 21.07.2018).
3. Булаев В.М., Ковалева Н.М. Территориальные аспекты исследования социального здоровья населения. (Методология. Показатели. Практика). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, 181 с.
4. Быбин Ф.Ф., Иванов И.А. Малая энциклопедия Забайкалья: Архитектура и строительство. Новосибирск, 2016. С. 327–328.
5. ППГХО разработало программу трудоустройства работников, которые могут быть сокращены. URL: <http://news.chita.ru/61253/> (дата обращения: 17.05.2018).
6. Моногорода. Перегрузка. Поиск новых моделей функционирования моногородов в изменившихся экономических условиях. URL: <https://docplayer.ru/36361539-Monogoroda-perezagruzka-poisk-novyh-modeley-funkcionirovaniya-monogorodov-rossii-v-izmenivshisya-ekonomicheskikh-usloviyah.html> (дата обращения: 27.09.2018).
7. Постановление Правительства Забайкальского края от 24.07.2014 № 445 «О создании промышленного парка «Промышленный парк «Краснокаменск» Забайкальского края» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Консорциум Кодекс». URL: <http://docs.cntd.ru/document/412383681> (дата обращения: 16.09.2018).
8. Федеральный закон от 29.12.2014 №473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации» // Система «Консультант Плюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_172962/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172962/) (дата обращения: 16.09.2018).
9. Гурова О.Н. Моноспециализированные городские поселения Забайкальского края: типология и проблемы социально-экономического развития // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2015. № 3 (200). Вып. 30. С. 191–198.
10. Социально-экономическое положение муниципальных районов и городских округов Забайкальского края. Стат. сб. / Забайкалкрайстат. Чита, 2015. 149 с.
11. Социально-экономическое положение муниципальных районов и городских округов Забайкальского края. Стат. сб. / Забайкалкрайстат. Чита, 2012. 141 с.
12. Численность населения Забайкальского края на 1 января 2010 года. Стат. сб. / Забайкалкрайстат. Чита, 2010. 16 с.
13. Муниципальные образования Забайкальского края. 2015: Стат. сб. / Забайкалкрайстат. Чита, 2015. 84 с.
14. Читинской области – 70 лет: Стат. сб., юбилейный выпуск. Читастат. Чита, 2007. 223 с.
15. Демографический ежегодник Забайкальского края / Забайкалкрайстат. Чита, 2015. 46 с.

УДК 378.046.4

## К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНИВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

Гетман Н.А., Котенко Е.Н.

*ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Омск, e-mail: gettmann\_natali@mail.ru*

В данной статье авторы представляют подходы к оцениванию результатов переподготовки профессорско-преподавательского состава вуза в условиях реализации профессионального стандарта преподавателя профессионального образования. Авторы считают, что необходима разработка принципиально новых организационно-методических подходов к подготовке преподавателя, имеющего высшее медицинское образование. В статье выделены основные компоненты профессиональной деятельности преподавателя и способы их развития. Авторы определяют наиболее значимые составляющие данной деятельности, которые возможно оценить в формате портфолио. Разработанная и апробированная на основании этого структура портфолио преподавателя проанализирована и рекомендована авторами для широкого использования. Представлено понимание авторами способов формирования портфолио преподавателя, критерии его достаточности и различные технологии его составления и представления. Указывается на то, что внедрение и использование портфолио в системе переподготовки преподавателей медицинского вуза способствует формированию конкурентоспособного специалиста и служит основой для составления резюме преподавателя, при продолжении им образования, прохождении процедуры аттестации, определении его профессионализма при комплектовании вакантных должностей. Актуальность составления портфолио определяется самими слушателями, исходя из возникающих затруднений в их профессионально-педагогической деятельности. Авторы статьи размышляют о путях оперативного реагирования преподавателя на изменяющиеся требования и отражение этих изменений в портфолио.

**Ключевые слова:** профессиональная переподготовка, портфолио, когнитивно-профессиональная составляющая портфолио, индивидуально-личностная составляющая портфолио, критерии, технология

## TO THE QUESTION OF ESTIMATION OF RESULTS OF PSYCHOLOGY AND PEDAGOGICAL RETRAINING OF TEACHERS OF MEDICAL SCHOOL

Getman N.A., Kotenko E.N.

*Omsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,  
Omsk, e-mail: gettmann\_natali@mail.ru*

In this article, authors present approaches to estimation of results of retraining of the faculty of higher education institution in the conditions of implementation of the professional standard of the teacher of professional education in this article. Authors consider that development of essentially new organizational and methodical approaches to training of the teacher having the highest medical education is necessary. In article, the main components of professional activity of the teacher and ways of their development are allocated. Authors define the most significant components of this activity, which are possible for estimating in a portfolio format. The structure of a portfolio of the teacher developed and approved on the basis of it is analyzed and recommended by authors for wide use. The understanding by authors of ways of formation of a portfolio of the teacher, criteria of its sufficiency and various technologies of his drawing up and representation is presented. It is specified that introduction and use of a portfolio in the system of retraining of teachers of medical school promotes formation of the competitive expert and forms a basis for drawing up the curriculum vitae of the teacher, at continuation of education by him, passing of the procedure of certification, definition of his professionalism when completing vacancies. The relevance of drawing up a portfolio is defined by listeners, proceeding from the arising difficulties in their professional and pedagogical activity. Authors of article reflect on ways of rapid response of the teacher to the changing requirements and reflection of these changes in a portfolio.

**Keywords:** professional retraining, portfolio, cognitive and professional component of a portfolio, individual and personal component of a portfolio, criteria, technology

Современные требования к профессиональной переподготовке преподавателей вуза были и остаются основным гарантом успешного функционирования и развития любой образовательной структуры. Проводимая перезагрузка высшего образования, как логическое следствие реформирования всей системы образования, предполагает несколько иной, по сравнению с прошлым, подход в вопросах переподготовки и оценивания результатов готовности препода-

вателя к профессионально-педагогической деятельности, с учетом того факта, что преподаватели медицинского вуза не имеют базового педагогического образования [1].

Анализ различных источников периодической и нормативной документации показал, что проблемы профессиональной переподготовки конкурентоспособного специалиста, преподавателя высшей школы выявлены и отражены в работах таких ученых, как С.И. Архангельский, М.И. Дьячен-

ко, В.И. Загвязинский, Э.Ф. Зеер, В.И. Каган, Г.Н. Сериков и многие другие. Кроме того, в профессиональном стандарте описаны требования к преподавателю высшей школы, которые могут являться ориентиром для разработки портфолио.

Цель исследования: отмечая несомненную ценность разработанных фундаментальных положений по проблеме совершенствования профессиональной переподготовки преподавателя, следует учитывать, что необходима разработка принципиально новых организационно-методических подходов к переподготовке преподавателя, имеющего высшее медицинское образование (по квалификации «Преподаватель профессионального образования»), в области педагогики и психологии. Данные подходы должны обеспечивать не только процесс развития педагогических компетенций преподавателя медицинского вуза, но отслеживание и предъявление результатов достижений его деятельности заказчику в целостном и структурированном виде.

#### **Материалы и методы исследования**

Одной из наиболее действенных форм мониторинга достижений обучающихся в вузах исследователи считают портфолио (Е.И. Зарипова, Н.А. Гетман, Е.Н. Котенко, Т.Г. Новикова, С.И. Никитина, М.А. Пинская, Э.Х. Тазутдинова) [2, 3]. Названные авторы рассматривают портфолио как условие активизации познавательной деятельности, как технологию мотивации и личностно-ориентированного обучения, как условие формирования исследовательских способностей и как технологию в системе подготовки специалиста к педагогической деятельности.

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

На наш взгляд, внедрение и использование портфолио в системе переподготовки преподавателей медицинского вуза способствует формированию конкурентоспособного специалиста и служит основой для составления резюме преподавателя, при продолжении им образования, при прохождении процедуры аттестации, определении его компетентности при комплектовании вакантных должностей.

Изучение структур портфолио, представленных в теории и практике организации высшего образования, показало, что единого подхода к решению этой проблемы пока не найдено. Анализ литературы по исследуемой проблеме позволил нам сделать вывод о том, что для обучающегося портфолио – это организатор его учебно-исследовательской работы, технология сбора разнопланового материала, анализа актуальной учебной информации, инструмент

самооценки, рефлексии и самосовершенствования [4, 5].

Представим структуру портфолио слушателя цикла переподготовки, разработанного нами на основе профессиональных стандартов и модели конкурентоспособного выпускника Центра повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов ОмГМУ (ЦПК и ППС).

В табл. 1 частично отражена структура портфолио преподавателя, с помощью которой можно оценить сформированность основных компонентов: когнитивно-профессионального и индивидуально-личностного [6].

Портфолио слушателей (обучающихся в рамках психолого-педагогической профессиональной переподготовки) формируется на протяжении двух лет обучения и завершается по его окончании. Его создание позволяет слушателю аутентично подойти к оценке своих достижений, выстроить личностно-творческую траекторию успешности, что является важной составляющей рейтинга не только самого преподавателя, но и кафедры, на которой он работает.

Авторский ракурс рассмотрения портфолио, в отличие от имеющихся исследований, позволяет акцентировать внимание на нем как на продуктивном средстве оценивания результата профессиональной переподготовки слушателей ЦПК и ППС ОмГМУ и формировании конкурентоспособных педагогических работников, при этом внимание концентрируется на сформированных у них психолого-педагогических компетенциях, достижениях в образовательной, научно-исследовательской деятельности, а также перспективах делового и творческого роста [3].

В формировании портфолио преподавателя особое значение приобретает практико-профессиональная среда вуза. Она помогает достичь творческих успехов или успехов в переобучении, мотивирует преподавателя на переподготовку. При этом развиваются научно-педагогическая, организационно-педагогическая, психолого-педагогическая и т.д. компетенции.

Практико-профессиональная среда медицинского вуза создается на основе объединяющей цели: совместной деятельности всех участников учебно-воспитательного процесса, что способствует формированию и росту профессиональной компетентности специалиста. В связи с исследуемым предметом возникает вопрос: как организовать практико-профессиональную среду вуза, обеспечивающую наполнение всех разделов портфолио?

Таблица 1

Структурно-содержательная модель портфолио преподавателя

Составляющие портфолио	Способы наполнения и предъявления результатов в портфолио
1. Когнитивно-профессиональный компонент	<ul style="list-style-type: none"> <li>– результаты освоения образовательной программы переподготовки;</li> <li>– наиболее значимые проекты, выпускная квалификационная работа, выполняемая по окончании обучения по программе;</li> <li>– заключение о прохождении стажировок, педагогической практики и т.д.;</li> <li>– научно-исследовательская деятельность (участие в конференциях, форумах, публикация научных работ по педагогической тематике);</li> <li>– апробация профессиональных навыков деятельности в фокус-группах;</li> <li>– самостоятельная разработка наглядных, дидактических материалов для преподаваемых слушателем медицинских дисциплин;</li> <li>– участие в разработке и редактировании учебных, учебно-методических пособий, изданий, методических материалов</li> </ul>
2. Индивидуально-личностный компонент	<ul style="list-style-type: none"> <li>– участие в тренингах по развитию психолого-педагогической компетентности и личностного роста преподавателя;</li> <li>– участие в творческих конкурсах;</li> <li>– подготовка внутривузовских мероприятий;</li> <li>– создание и реализация социально-значимых проектов</li> </ul>

Одним из эффективных способов и платформой для формирования когнитивно-профессионального, индивидуально-личностного компонентов портфолио является создание внутри среды реального профессионального пространства, которое реализуется на нескольких уровнях и позволяет преподавателю прожить ряд ситуаций, возникающих в процессе ежедневной преподавательской деятельности.

Рассмотрев и проанализировав практико-профессиональную среду вуза, мы в табл. 2 показали, какие именно результаты слушатели предъявляют в процессе создания портфолио и какие профессиональные компетенции при этом развиваются [7].

В течение двухгодичной переподготовки слушателей ЦПК и ППС осуществлялся сбор материала, его изучение, которое позволило оценить значимость использования портфолио в диагностике результатов обучения. Слушателям предоставлялось право выбора формы представления своих образовательных результатов: в печатном формате или в электронном виде с представлением на образовательном портале ОмГМУ (в разделе «Фонд оценочных средств»). «Электронный портфолио – это комбинация возможностей технологии портфолио и социальной сети: странички портфолио; закрытое от посторонних глаз персональное интернет-пространство (копилка файлов «в облаке», записные книжки и пр.); социальная сеть для представления своих результатов и общения» [8].

Нами было изучено отношение преподавателей – слушателей циклов переподго-

товки к использованию технологии портфолио, также предложенная анкета позволила определить наличие предварительных знаний о данной технологии. В опросе приняли участие 28 преподавателей первого и второго года обучения, средний возраст которых составил 37,5 лет. Из 28 обучающихся степень доктора медицинских наук имеют 3 преподавателя (10,7%), степень кандидата медицинских наук – 21 преподаватель (75%), 4 преподавателя (14,3%) обучаются в аспирантуре. Приоритет был отдан анкетному опросу как в контактной, так и заочной форме; беседам, в ходе которых изучалось мнение преподавателей об использовании технологии портфолио в системе переподготовки.

Результаты исследования позволили нам сделать следующие выводы:

- положительно относятся к использованию технологии портфолио 56,25% преподавателей, 31,25% приняли нейтральную позицию, 12,5% отвергают любую дополнительную деятельность;

- преобладающая часть преподавателей (43,75%) не имеет четкого представления об инновационной технологии портфолио;

- часть опрошенных (62,5%) преподавателей активно высказались за необходимость внедрения и использования технологии портфолио, которая отражает результаты профессиональной переподготовки;

- основная часть преподавателей (75%) хотели бы использовать технологию портфолио в своей педагогической деятельности, но не имеют для этого необходимых учебно-методических материалов;

Таблица 2

Развитие компетенций в практико-профессиональной среде вуза  
и отражение результатов в портфолио

Направления деятельности, мероприятия	Развиваемые компетенции (знания, умения, владения)	Сформированный результат, отраженный в компонентах портфолио
Когнитивно-профессиональный компонент портфолио		
Успеваемость по дисциплинам переподготовки	Знание педагогических законов, способов проектирования и реализации индивидуальных образовательных маршрутов (ИОМ) студентов и т.д.	Ведомости контроля
Прохождение стажировок и практик	Владение технологией проектирования совместно с обучающимися и коллегами ИОМ, образовательного процесса в целом, технологией организации педагогической поддержки общественной и творческой активности студентов, профессионального и личностного самоопределения обучающихся	Отзывы руководителей стажировок, практик и научных руководителей
Деятельность в реальном профессиональном пространстве	Знание профессиональной этики, умение проводить оценку обстановки и принимать решение, способность оценивать возможности студенческой группы, подборка и использование конкретных технологий при построении взаимодействия с аудиторией, умение разрабатывать и реализовывать материалы лекций, практик, семинаров	Описание профессионального опыта, сертификаты участия в психолого-педагогических мероприятиях, презентации учебных материалов
Индивидуально-личностный компонент портфолио		
Участие в творческих конкурсах	Умение организовать групповую работу, участвовать в ней, способность к использованию социально-психологических ресурсов, необходимых для ЗОЖ, инициативность	Грамоты, сертификаты
Участие в тренингах	Готовность к взаимодействию с коллегами, администрацией, способность к восприятию, постановке целей, выбору путей их достижения, владение методами эмоциональной саморегуляции	Удостоверения о прохождении тренингов, отзывы руководителей

– наименее активную позицию выбирают слушатели второго года обучения (25%), которые не поддерживают введение и использование технологии портфолио и отмечают, что портфолио не повлияет на их аттестацию по окончании обучения (в формате защиты выпускной квалификационной работы).

### Выводы

Анализ полученных данных показал, что только 50% респондентов проявили высокий интерес к использованию технологии портфолио, 31,25% преподавателей имеют средний уровень сформированности интереса, низкий уровень показали 6,25% респондентов, у 12,5% интерес к технологии портфолио отсутствует. Также анализ анкет и результатов собеседования позволил выявить основные проблемы и заблуждения, возникающие при работе с портфолио. Отсутствие необходимой информации, методических указаний по работе с портфолио, отсутствие единых требований

к содержанию, характеристикам портфолио преподавателя, этапах его составления и использования, нарушение принципа добровольности, определенный формализм не позволяют в полной мере реализовать данную технологию.

Профессиональная психолого-педагогическая переподготовка преподавателей вуза, выполняющая основополагающие функции, такие как приобретение новых знаний о внедрении и использовании инновационных технологий, восполнение недостатка базовой психолого-педагогической подготовки, позволяющей ориентироваться в современном образовательном пространстве и формировании потребности в творческом освоении данного пространства, привела к развитию готовности и способности использовать технологию портфолио в собственной профессиональной и непосредственно педагогической деятельности. Высокий уровень статистической достоверности дает основание считать результаты объективно значимыми.

**Список литературы**

1. Шарипов Ф.В. Педагогика и психология высшей школы: учеб. пособие. М.: Логос, 2012. 448 с.
2. Зарипова Е.И., Котенко Е.Н. Аутентичное оценивание. Технология портфолио: учебно-методическое пособие. Омск, 2016. 133 с.
3. Гетман Н.А., Котенко Е.Н. Технологии оценивания учебных результатов студентов медицинского вуза: учебное пособие. Омск, 2015. 160 с.
4. Панюкова С.В. Использование электронного портфолио в системе среднего и высшего образования // Информационные технологии в образовании, науке и производстве: материалы международной научно-практической конференции. Протвино, 2012. С. 341–344.
5. Кунсбаев С.З., Арсланова А.Н. Портфолио студента колледжа в условиях реализации ФГОС // Научный поиск. 2014. № 2.3. С. 54–57.
6. Шестакова Д.В. Конкурентоспособное портфолио как условие успешного трудоустройства выпускника вуза // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2012. № 1 (19). С. 176–180.
7. Абакумова Н.Н. Аутентичные формы оценивания в педагогическом мониторинге индивидуальных достижений обучающихся // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.
8. Панюкова С.В., Гостин А.М., Кулиева Г. Создание и ведение веб-портфолио преподавателя. Методические рекомендации: учебное пособие. Рязань: РГТУ, 2013. 26 с.

УДК 297:347.156(575.2)

## СПЕЦИФИКА ГЕНДЕРНЫХ ОТНОШЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ РЕЛИГИОЗНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ КЫРГЫЗСТАНЕ

Осмонова Д.А.

*Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек,  
e-mail: osmonova.dinara@yandex.com*

Статья посвящена особенностям противоречий и взаимодействия гендера и ислама в суверенном Кыргызстане. Показано влияние исламского возрождения на женскую общественность, ее место в социуме и дискриминацию. Отмечено, что в постсоветском Кыргызстане свобода вероисповедания создала возможность многим кыргызстанкам открыто следовать канонам ислама. Представлено, что женская дискриминация под предлогом исламского возрождения может привести к фундаментальным трансформациям, противоречащим демократической Конституции светского Кыргызстана. Выявлено в контексте общего религиозного ренессанса принятие тысячами женщин традиционного мусульманского вероисповедания нетрадиционных религиозных течений – протестантизма, бахаизма и др. Указаны причины, способствующие прозелитизму. Отмечено обострение проблемы религиозной атрибутики для верующих женщин и девочек в республике, в частности фотографирования на паспорт и ношения хиджаба в вузах и школах страны. Рассмотрено возрождение массовой формы легитимации брака – мусульманского «нике» и, через него, полигамии. Показано, что религиозные структуры стали отстаивать альтернативный государственной политике подход по вопросам брака и семьи и возродили массовую разновидность легитимации брака – мусульманское «нике» и нацелены на легитимацию запрещенным законодательством республики форм брака, в частности полигамии, базирующихся на нравственности и морали, которая трудно сочетается с мусульманской этикой. Проанализированы проявления религиозного экстремизма среди женщин Кыргызстана. Рассматривается исследование ООН в 2017 г. по женскому участию в насильственных экстремистских действиях.

**Ключевые слова:** гендерные отношения, исламское возрождение в Кыргызстане, полигамия, хиджаб, нике, мусульманские женские организации, религиозный экстремизм

## SPECIFICITY OF GENDER RELATIONS IN THE CONTEXT OF RELIGIOUS PEACE WORK IN CONTEMPORARY KYRGYZSTAN

Osmonova D.A.

*Kyrgyz National University named J. Balasagyn, Bishkek, e-mail: osmonova.dinara@yandex.com*

The article is devoted to the peculiarities of the contradictions and interaction of gender and Islam in sovereign Kyrgyzstan. The influence of the Islamic revival on the female community, its place in society and discrimination is shown. It is noted that in the post-Soviet Kyrgyzstan freedom of religion created the opportunity for many Kyrgyz citizens to follow the canons of Islam openly. It is presented that women's discrimination under the pretext of Islamic revival can lead to fundamental transformations that contradict the democratic Constitution of secular Kyrgyzstan. Identified in the context of the general religious renaissance, the adoption by thousands of women of the traditional Muslim faith of non-traditional religious movements – Protestantism, Bahaism, etc. The reasons for promoting proselytism are indicated. The aggravation of the problem of religious attributes for religious women and girls in the republic, in particular, photographing on a passport and wearing hijab in high schools and schools of the country, is noted. The revival of the mass form of legitimizing marriage – the Muslim «nick» and, through it, polygamy, is considered. It is shown that religious structures began to advocate an alternative to public policy approach to marriage and family issues and revived a mass version of the legitimacy of marriage – the Muslim «nickname» and are aimed at legitimizing forbidden legislation of the republic forms of marriage, in particular, polygamy based on morality and morality that is difficult is combined with Muslim ethics. The manifestations of religious extremism among women of Kyrgyzstan are analyzed. The UN study in 2017 is being considered. on women's participation in violent extremist actions.

**Keywords:** gender relations, Islamic revival in Kyrgyzstan, polygamy, hijab, nickname, Muslim women's organizations, religious extremism

С началом суверенизации Кыргызстана большой импульс получил весь комплекс общественных отношений, включая профессиональные и гендерные. Религиозный ренессанс не мог не повлиять на трансформацию роли женщин в обществе, существенно ограничивая права верующих кыргызстанок. Причем на фоне широкой демократизации общественной жизни и активизации неправительственных женских организаций (НПО) дискриминация женщин в контексте мусульманских канонеров выглядит вопиющим диссонансом.

Цель данной статьи состоит в религиозно-ведческом анализе противоречий и взаимодействия гендера и ислама в постсоветский период развития Кыргызстана.

В качестве материалов, которые были использованы для написания статьи, выступили: монографии, научные и публицистические статьи, интернет-ресурсы, национальные и международные исследования гендерных отношений в контексте религиозного мировоззрения.

При написании статьи использованы общенаучные методы анализа и синтеза,

дедукции и индукции, исторического и логического, всеобщей взаимосвязи и взаимозависимости.

В постсоветском Кыргызстане свобода вероисповедания создала возможность многим кыргызстанкам (кыргызкам, узбечкам, таджичкам, дунганкам, казашкам, татаркам, турчанкам, азербайджанкам и др.) открыто следовать канонам ислама и изучать Коран и шариат в различных женских медресе. Тысячи женщин за почти 30 лет независимости республики совершили хадж в Саудовскую Аравию. При этом женская дискриминация под предлогом исламского возрождения проводится в интересах социума, где будут доминировать представители мужского пола, может привести к фундаментальным трансформациям, противоречащим демократической Конституции светского Кыргызстана.

Кыргызстанским обществом рост числа женщин, исповедующий ислам, особенно девушек-мусульманок, оценивается в основном негативно. Большинство этих мусульманок – сельская молодежь или внутренние мигранты из сёл – подвержены влиянию миссионеров из стран Ближнего Востока, Турции и Пакистана, которые ведут верующих к патриархальному образу жизни и вступают в противоречие со светским подходом к гендерным отношениям. Этот раскол социума порождает множество конфликтных ситуаций в обыденной и общественной жизни.

Одной из таких является проблема многоженства, дискуссия по которой имела широкий резонанс в Кыргызстане. Еще легендарный парламент начала 1990-х гг. обсуждал данный вопрос на своих заседаниях. Эта тема продолжает оставаться в центре внимания общественности, в особенности религиозной. Придание большей роли религиозной и этнической идентичности нацеливает ряд политиков и других деятелей рассматривать полигамию в качестве легального способа для роста населения и справедливого восстановления традиция предков [1, с. 85]. Многие мужчины, как политики, религиозные деятели, так и простые верующие призывают соблюдать все мусульманские нормы, в том числе полигамию, помогающую женщинам, которые находятся в поисках мужей, создать семьи и родить детей. Полигамия рассматривается как механизм борьбы с проституцией, бедностью и торговлей женщинами. Так, недавно Ч. Жалилов – известный богослов, и его коллега О. ажы Чотонов инициировали идею официального введения института многоженства, считая, что подобная практика позволит искоренить проблему проституции в стране. Ч. Жалилов считает, что

«в депутаты должен идти только тот, у кого две жены... Если же депутат сможет быть с ними справедлив и в силах их обеих содержать, тогда он сможет и кого-то другого накормить» [2]. Учитывая, что Ч. Жалилов – бывший муфтий Духовного управления мусульман Кыргызстана (ДУМК), можно представить уровень мракобесия, фанатизма, фундаментализма, невежества среди малограмотной части мусульманского духовенства и верующих, которых большинство, по проблемам гендерных отношений.

Проведенное ООН в 2016 г. национальное обследование «Гендер в восприятии общества» показало, что 23% женщин согласны с точкой зрения, что «истинно верующая мусульманка не должна запрещать супругу брать других супруг» [3, с. 91]. Следует отметить, что женская общественность, в лице сотен неправительственных женских организаций (НПО), против введения полигамии в Кыргызстане. Но исламские женские НПО, в частности исламская женская организация «Мутакалим», придерживаются другой позиции. Эта структура является первой исламской женской организацией, прошедшей официальную регистрацию в республиках Центральной Азии. Её лидер Ж. Фронтбек кызы на пресс-конференции в информационном агентстве АКИpress 14 февраля 2007 г. заявила, что часть мусульманок, которая проживает в Кыргызской Республике (КР), поддерживает многоженство. По ее словам, нужно исходить из необходимости защиты прав женщины. «Мы этот вопрос поддерживаем, но здесь должен быть индивидуальный подход для каждой семьи. Если в этом есть необходимость, и делается это для сохранения семьи», – считает она [4].

В постсоветский период религиозные структуры стали отстаивать свой, альтернативный государственной политике подход по вопросам брака и семьи и возродили массовую разновидность легитимации брака – мусульманское «нике». На словах утверждая чистоту и святость брачно-семейных уз, в действительности они нацелены на легитимацию запрещенным законодательством республики форм брака (то есть полигамии), базирующихся на нравственности и морали, которая трудно сочетается с мусульманской этикой.

Мусульманские священнослужители осяцают вторые, третьи и последующие браки мусульман-многоженцев, причем не очень беспокоясь о том, что мужчина противоречит нормам шариата и не несёт никакой юридической ответственности за детей и жену. Вышеизложенное свидетельствует, что в КР религия превращается в полно-

правного субъекта брачного выбора, в определителя разновидностей брака [5].

В мае 2009 г. в г. Ош был организован круглый стол на тему: «Совершенствование законодательства КР по проблемам брачного возраста и проведения религиозных брачных обрядов (введение обязательной государственной регистрации брака)» [6, с. 2], в котором было особо отмечено, что 63% гражданок республики в возрасте 16–25 лет насильно становятся женами посредством их хищения и последующего заключения брака по мусульманскому обряду – нике. Участники совещания выступили за обязательное получение будущими молодоженами свидетельства о госрегистрации брака в ЗАГСе прежде проведения мусульманских обрядов освящения брака, а также за внесение соответствующих изменений в законы и кодексы страны [7].

В контексте общего религиозного ренессанса встала проблема прозелитизма. Тысячи кыргызок и казашек традиционного мусульманского вероисповедания обращаются в различные нетрадиционные религиозные течения – протестантизм, бахаизм и др. К причинам, способствующим прозелитизму, относятся и протестантская философия, которая предлагает современный и более гибкий подход к молодежи и женщинам, и эффективная миссионерская деятельность, и большие финансовые возможности по сравнению с традиционными конфессиями.

Для новых протестанток, кришнаиток и бахаисток большинство доисламских и исламских стандартов поведения в семье и быту представляются малопривлекательными. Новообращенные прозелитки часто конфликтуют с мусульманами, особенно родственниками-мусульманами.

С другой стороны, женщины-мусульманки из-за дискриминационной интерпретации коранических норм старыми и новыми лидерами осознанно стараются ограничивать свои возможности. Иногда сам процесс деэмансипации проходит в уродливых и болезненных формах. Современные исламские лидеры, как и прежде, ригидны в отношении образованных соотечественниц, предлагая малоизменившуюся интерпретацию ислама. Безусловно, что мусульманки в современных условиях нуждаются в новом толковании в рамках традиционного ислама, развивать идеи гендерного равноправия и демократии [8, с. 109–110].

Важно отметить, что от матери зависит во многом духовность ее детей. Не исключено, что дети, которые воспитаны кыргызкой, перешедшей в протестантизм или другое религиозное течение, пойдут

по религиозному пути матери, что связано с одним обстоятельством. Кыргызка всегда была относительно свободна. Когда женщины других национальностей носили паранджу, закрывая свое лицо, кыргызки и казашки этого не делали. Такая исторически сложившаяся относительная свобода имела свое значение в переоценке ею личного духовного пути [9, с. 55].

В разрезе религиозного мировоззрения в постсоветском Кыргызстане среди проблем гендерных отношений остро встал вопрос религиозной атрибутики для верующих женщин, в частности фотографирование на паспорт и ношение хиджаба девочками в школе.

Более трех лет ушло у мусульманских женских организаций, чтобы добиться разрешения от государственных органов фотографироваться в хиджабе на паспорт. Межведомственная комиссия, включившая в состав представителей МВД, Министерства юстиции, МИД и Госагентства информационных ресурсов и технологии КР, 7 августа 2007 г. приняла решение ввести новый пункт в инструкцию для получения паспортов граждан КР, разрешающий персональную фотографию в головном уборе, не скрывающую овал лица лицам, которым религиозные взгляды не позволяют демонстрировать себя перед посторонними людьми без этой части одежды. Настоящее решение было принято под давлением женщин-мусульманок, собравших в поддержку этой акции более 45 тысяч подписей по всему Кыргызстану [10].

Другой острой проблемой, взволновавшей мусульманскую общественность, особенно женскую, является ношение платков мусульманскими девочками и девушками в школах и вузах. 19 февраля 2009 г. министр образования и науки КР издал приказ «О религиозной ситуации в образовательных организациях в КР». После этого учащиеся в платках стали подвергаться дискриминации со стороны администрации учебных заведений, вплоть до запрещения посещать свои школы и другие учебные заведения. Стали поступать тысячи жалоб от девочек и их родителей по этому поводу, начались суды по этому вопросу, в поддержку права ношения хиджаба начался сбор подписей [11].

Постановление правительства КР от 12 августа 2015 г. утвердило единые требования к школьной форме в общеобразовательных учреждениях страны. В феврале 2018 г. Министерство образования и науки КР озвучило официальную точку зрения: светские принципы обучения и независимость образования от религии

ношение хиджабов девочками и девушками в учебных заведениях страны не предусматривают [12].

Известно, что ношение хиджаба в школах Франции, России, Турции, соседних странах региона – Узбекистане, Таджикистане, Казахстане – запрещено.

Не менее важной проблемой является участие кыргызстанок в религиозно-экстремистских действиях. Свидетельством этому служат данные госорганов республики, согласно которым в период с 2010 по 2016 гг. в Иран и Сирию были направлены 863 гражданина республики, из них 23,8% – составляли женщины. По информации правоохранительных структур, фактически все женщины, которые отправились в Сирию, поехали вслед за мужьями. Косвенным доказательством этого является то, что в одном из опросов директор южно-тольской гимназии сообщила, что практика вербовки супругов имеет широкое распространение, и в первую очередь родители невесты перед тем, как выдать дочь замуж, интересуются у жениха, не планирует ли он будущую жену увезти в зону сирийского конфликта.

Проведенное ООН в 2017 г. исследование по женскому участию в насильственных экстремистских действиях показало, что активность ряда кыргызстанок связана с верой в идею, а также с надеждой на высокий статус при работе в исламской полиции и финансовые вознаграждения.

ООН рекомендует проводить систематический анализ мужских и женских мотиваций к экстремистской деятельности и мониторить гендерные различия в процессе выхода из радикализации. ООН считает необходимым повышать информированность женщин и способствовать критическому мышлению, а также обсуждать риторические вопросы с супругами и детьми. Исследования показывают, что международные и национальные структуры готовы поддерживать женщин и семьи, которые хотят разорвать связи с экстремистскими организациями. Авторы исследования указывают на необходимость опроса граждан, вернувшихся из Сирии и Ирака, а также членов их семей для коррекции представлений о женской роли в экстремистских структурах. Данная информация необходима для разработки мер в целях нейтрализации экстремистского мировоззрения [13].

В КР разработана Национальная стратегия противостояния насильственному экстремизму, функционирует закон КР «О противодействии экстремистской деятельности». С 2014 г. ужесточены меры за терроризм, а с 2015 г. участие в военных

конфликтах за рубежом расценивается в качестве преступления, которое наказывается длительным сроком заключения.

Значительная часть вопросов, которые связаны с религией, отрегулированы Концепцией государственной политики в религиозной сфере на 2014–2020 гг. Но следствия не учитывают значение женщин, а только упоминает о недостатке в госнадзоре над «домашним образованием детей и женщин в религиозной сфере».

Государство взаимодействует с мусульманскими лидерами в целях предотвращения «салафизации» мусульманской религии в республике. Но женщины-религиоведы обычно не приглашаются к рассмотрению проблем противодействия экстремизму.

На основании вышеизложенного формулируем следующие выводы.

Во-первых, в постсоветском Кыргызстане свобода вероисповедания создала возможность многим кыргызстанкам открыто следовать канонам ислама, позволив проводить женскую дискриминацию под предлогом исламского возрождения в интересах социума с доминированием мужского пола, тем самым способствуя фундаментальным трансформациям, противоречащим демократической Конституции светского Кыргызстана.

Во-вторых, религиозные структуры стали отстаивать альтернативный государственной политике подход по вопросам брака и семьи и возродили массовую разновидность легитимации брака – мусульманское «нике», в действительности нацеливаясь на легитимацию запрещенным законодательством республики форм брака (то есть полигамии), базирующихся на нравственности и морали, трудно сочетаемыми с мусульманской этикой.

В-третьих, в контексте общего религиозного ренессанса встала проблема прозелитизма, заключающаяся в том, что большое количество женщин традиционного мусульманского вероисповедания обращаются в нетрадиционные религиозные течения – протестантизм, бахаизм и др., причинами чего явились: протестантская философия, которая предлагает современный, более гибкий подход к молодежи и женщинам, эффективная миссионерская деятельность и большие финансовые возможности по сравнению с традиционными конфессиями.

В-четвертых, остро встали вопросы религиозной атрибутики для верующих женщин, в частности фотографирования на паспорт и ношения хиджаба в учебных заведениях страны и участие кыргызстанок в религиозно-экстремистских действиях.

**Список литературы**

1. Табышалиева А. Содействие гуманитарной безопасности: этические, нормативные и образовательные рамки в Центральной Азии. UNESCO, 2006. 128 с.
2. Синько В. Гендерное равенство в Кыргызстане, это «показуха» или реальность? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gumilev-center.ru/gendernoe-ravenstvo-v-kyrgyzstane-eh-to-pokazukha-ili-realnost/.htm> (дата обращения: 15.08.2018).
3. Гендер в восприятии общества (результаты национального обследования). Бишкек, 2016. 233 с.
4. Часть мусульманок Кыргызстана согласна с многоженством [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zakon.kz/82628-chast-musulmanok-kyrgyzstana-soglasna-s.html> (дата обращения: 12.08.2018).
5. Ибраева Г. Изучение межпоколенной динамики матримонильных стратегий женщин и мужчин в Кыргызстане советского и постсоветского периодов (на материалах города Фрунзе / Бишкек 1980 и 2005 гг.). С. 172–237.
6. Права человека в Центральной Азии. Ежеквартальный информационно-аналитический бюллетень. Бишкек, 2009. Вып. 1. 12 с.
7. В Оше решили запретить освящать брак в мечети без предварительного похода в ЗАГС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pr.kg/news/kg/2009/05/27/10992.html> (дата обращения: 24.08.2018).
8. Табышалиева А. Отражение во времени. (Заметки к истории положения женщин Центральной Азии). Бишкек: Турар, 1998. 136 с.
9. Алишева А. Религиозная ситуация в Кыргызстане // Центральная Азия и Кавказ. 1999. № 4 (5). 206 с.
10. Власти Кыргызстана разрешили мусульманкам фотографироваться на паспорт в платках [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zakon.kz/91803-vlasti-kyrgyzstana-razreshili.html> (дата обращения: 15.08.2018).
11. Фронтбек кызы Ж. Мы будем подавать в суд до тех пор, пока не добьемся отмены приказа министра образования Кыргызстана не пускать девочек в хиджабах в школы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.for.kg/news-83954-ru.html> (дата обращения: 14.08.2018).
12. Короткова Е., Пантелеева Е. В Минобнауки Киргизии считают, что в учебных заведениях ношение хиджаба как «религиозного атрибута» не предусмотрено [Электронный ресурс]. URL: [www.news-asia.ru/view/ks/11105](http://www.news-asia.ru/view/ks/11105) (дата обращения: 11.08.2018).
13. Мухаммад-Дост З. Женщины и экстремизм. Исследование ООН по Центральной Азии [Электронный ресурс]. URL: <http://caa-network.org/archives/11343> (дата обращения: 21.08.2018).

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

УДК 616.12-008.331.1-053

**АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ, МАЛЫЕ АНОМАЛИИ РАЗВИТИЯ СЕРДЦА, ИХ РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ, ПРИЧИНЫ У СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ****Вяльцин А.С., Семенова Н.В., Корнякова В.В., Тагаков К.С.***ФГБУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Омск, e-mail: natali1980-07-21@mail.ru*

Данная статья посвящена обзору структуры заболеваемости сердечно-сосудистой системы у студентов. Проведен анализ факторов риска, выявлены ведущие с количественным представлением встречаемости в популяции, основные факторы риска артериальной гипертензии у студентов, это курение, нерациональное питание, низкая двигательная активность, избыточная масса тела. Количество молодых людей с факторами риска увеличивается, кроме этого увеличивается и само количество факторов риска у одного человека, наиболее часто выявляются курение и нерациональное употребление жиров, избыточная масса тела, наблюдается комплексное действие этих факторов, что может приводить к ремоделированию сердечно-сосудистой системы, развитию заболеваний. На основании вышесказанного представлены меры профилактики в студенческой среде, направленные на предотвращение возникновения или прогрессирования заболевания. Исходя из факторов риска, можно выделить основные точки приложения для профилактики: достаточный уровень двигательной активности, рациональное питание, контроль массы тела. Студентам обязательно требуется посещать занятия физической культурой. Для повышения уровня грамотности молодого населения в отношении правильного питания, вероятно, следует ввести предмет в образовательные программы разного уровня, для ознакомления с принципами.

**Ключевые слова:** заболеваемость, студенты, факторы риска, артериальная гипертензия, малые аномалии развития сердца, профилактика

**ARTERIAL HYPERTENSION, SMALL ANOMALIES OF DEVELOPMENT OF HEART, THEIR PREVALENCE, THE REASONS AT STUDENTS OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS****Vyaltsin A.S., Semenova N.V., Kornyakova V.V., Tagakov K.S.***Federal State Budgetary Institution of the Higher Education «Omsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, e-mail: natali1980-07-21@mail.ru*

This article is devoted to the review of structure of a case rate warmly – vascular system at students. The analysis of risk factors is carried out, leaders with quantitative representation of occurrence in population are taped, major factors of risk of arterial hypertension at students it is smoking, an irrational delivery, a low physical activity, excess body weight. The number of young people with risk factors is enlarged, besides also the amount of risk factors at one person is enlarged, smoking and the irrational use of fats, excess body weight are most often taped, their complex action of these factors is observed that can lead to remodeling of cardiovascular system, development of diseases. On the basis of the aforesaid, the prophylaxis measures in student's medium referred on prevention of emergence or advance of a disease are presented. Proceeding from risk factors, it is possible to allocate the main points of application for prophylaxis: sufficient level of a physical activity, balanced diet, control of body weight. Students surely need to attend classes physical culture. For rising of level of literacy of the young population concerning healthy nutrition it is probably necessary to enter a subject into educational programs of different level, for acquaintance with the principles.

**Keywords:** case rate, students, risk factors, arterial hypertension, small anomalies of development of heart, prophylaxis

Студенчество – это один из главных периодов в жизни человека, именно в это время определяется его дальнейшая судьба, будущее. Напряженность учебного процесса, психоэмоциональное перенапряжение, врожденные аномалии развития, нерациональное питание, вредные привычки (курение) негативно отражаются на состоянии здоровья студентов [1], что в свою очередь может приводить к функциональным, а затем и морфологическим изменениям в состоянии сердечно-сосудистой системы (ССС).

Целью литературного обзора являлся анализ распространенности в структуре

общей заболеваемости болезней сердечно-сосудистой системы у лиц студенческого возраста различных типов вузов, факторов влияющих на развитие данных болезней, обобщение методов профилактики. Для достижения этих целей были определены следующие задачи:

1. Провести анализ структуры заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями у студентов.

2. Выявить основные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний у молодежи.

3. Определить направления и меры профилактики болезней обучающихся.

Заболевания сердечно-сосудистой системы в структуре общей заболеваемости студентов занимают от 0,4% до 36,4% [2]. Такая разность определяется спецификой образовательного процесса. Так, в физкультурных вузах нашей страны показатели структуры заболеваемости достигали максимум 1% [3], что можно объяснить более жесткими требованиями к состоянию здоровья абитуриентов, ориентированность студентов на поддержание физической активности, правильного питания. В технических, медицинских и других вузах ситуация обстоит иначе, здесь показатель в структуре заболеваемости достигает 30% [4]. В этой категории в первую очередь следует оценивать функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Так, при измерении пульса у группы из 112 студентов, у 44,6% исследуемых его величина составила больше 80 ударов в минуту, что является неудовлетворительным показателем. Также при измерении артериального давления (АД) было выявлено, что у 24,1% показатели находятся вне пределов нормы [5]. Аналогичные исследования установили, что отклонения артериального давления в основном присущи юношам, так у 39% молодых людей отмечен высокий уровень нормального артериального давления (ВНАД), что можно расценивать как пограничную артериальную гипертензию [6–8].

До середины 1980-х гг. общепризнанным было мнение, что в подростковом и юношеском возрасте высокое артериальное давление является редкостью и регистрируется чаще всего на фоне основных заболеваний. В исследованиях, проведенных за рубежом и в нашей стране, большое внимание сосредоточено в основном на изучении артериальной гипертензии у взрослых, в то время как артериальной гипертензии у подростков и лиц молодого студенческого возраста уделяется меньше внимания (А.Г. Автандилов, А.А. Александров, 2003; С.С. Verkey, 1998). Большинство авторов согласны с утверждением, что артериальная гипертония у подростков и лиц молодого возраста определяет уровень АД и здоровье пациента в дальнейшем (А.А. Александров, 1999; О.А. Мутафьян, 2002; S.R. Daniels, 1999).

По литературным данным, на 2000–2001 гг. распространенность артериальной гипертензии среди учащейся молодежи 18–27 лет составила 11,5% (17,9% мужчины, 8,9% женщины), за последующие 7 лет, увеличилась с 11,5% до 13,1% в 2006–2007 гг. [9]. Увеличению заболеваемости и прогрессированию заболевания способствуют следующие факторы: избыточная

масса тела, нерациональное питание, курение, гиподинамия [10]. Существует выраженная связь уровня артериального давления и массы тела в молодом возрасте, так, артериальная гипертензия обнаруживается в среднем через 4,7±0,37 лет после начала прибавления массы тела, особенное значение имеет абдоминальное ожирение, которое связано с метаболическим синдромом, который в свою очередь влияет на развитие артериальной гипертензии. Индекс массы тела больше 25 рассматривается как высокий риск развития АГ. К примеру, у женщин с высоким уровнем нормального артериального давления и ожирением 1 ст. артериальной гипертензии диагностировали в 6,1 раз чаще [11].

За последнее десятилетие кардинально поменялся характер питания, в рационе молодежи появились фаст-фуд и другие продукты богатые жирами и холестерином. Фаст-фуд повышает холестерин и может стать причиной атеросклероза. Животные жиры оказывают огромную нагрузку на печень. Фаст-фуд содержит самые дешевые и опасные жиры. Их избыток может стать причиной онкологических заболеваний. Более высокая частота употребления жира наблюдалась среди молодых мужчин, к тому же мужчины чаще, чем женщины, едят продукты с высоким содержанием холестерина. В рационе исследуемого населения отмечалось крайне низкое потребление количества растительной клетчатки (больше 60% случаев), что в свою очередь вероятно, в дальнейшем может повлиять на развитие дислипидемии и артериальной гипертензии, особенно у мужчин [12–14]. Многие фаст-фуды содержат глутаминовую кислоту. Высокий уровень глутаминовой кислоты в организме человека приводит к стимулированию центральной нервной системы. Нарушается и сосудистый тонус.

Следующий фактор риска – это курение. Ежегодно от курения умирает почти 5 миллионов человек. Употребление табака оказывает влияние на интенсивность обменных процессов, особенно на метаболизм липидов, вызывает дисфункцию эндотелия [15–17]. Никотин, действуя на сердечно-сосудистую систему, вызывает инфаркт, инсульт, аневризму аорты, артериальную гипертензию, аритмию, ишемическую болезнь сердца. Система пищеварения: нарушение кровообращения приводит к гастриту и язвенной болезни, образованию камней в желчном пузыре. Угарный газ – продукт горения табака. Он составляет 8% табачного дыма и в 200 раз активнее, чем кислород, усваивается гемоглобином. Вызывает приступы стенокардии, аритмию, инфаркт мио-

карда. Повреждение стенок коронарных артерий, обеспечивающих сердце, приводит к сердечным приступам. В целом у курильщиков под влиянием продуктов сгорания табака стенки сосудов становятся плотными, недостаточно эластичными, ломкими и покрываются трещинами. В крови увеличивается содержание холестерина, который откладывается на стенках в виде атеросклеротических бляшек. Они сужают просвет сосуда. Возрастает вероятность образования тромба и воспаления стенки вены вокруг него. Отрыв тромба может стать причиной внезапной смерти. Сужение коронарных сосудов, обеспечивающих работу сердца, провоцирует развитие ишемической болезни сердца и инфаркта. За последние годы распространенность курения среди населения выросла с 44% до 60% [18]. Более высокая распространенность отмечается среди мужчин при различных уровнях артериального давления, что свидетельствует о повышенном риске сердечно-сосудистых заболеваний и артериальной гипертензии у мужчин.

Также наблюдается снижение физической активности у молодежи, отмечено, что темп прироста низкой физической активности в общей популяции молодых людей с 2000 по 2007 г. равен 1,1% [19]. При низкой двигательной активности человека жировая прослойка, накопившаяся в брюшной полости, начинает мешать движению диафрагмы, уменьшая дыхательную экскурсию грудной клетки, сердце покрывается жиром, что мешает его сократительным движениям, в зависимости от степени ожирения может измениться и размер сердца (превышение

нормы может быть до 2-х раз) и т.д. Вред гиподинамии для здоровья заключается и в том, что одновременно с уменьшением физической работоспособности снижается устойчивость к экстремальным воздействиям – кислородному голоданию, резкой смене атмосферного давления, холоду, жаре и пр. На сегодняшний день существует задача: снизить количество лиц с избыточной массой тела в России. И для решения есть несколько критериев: во-первых разработка новых методов физической активности для населения вне зависимости от его уровня физического развития и физической подготовленности, во-вторых, применяя оздоровительный характер, и в-третьих, эффективно влияя на организм в целом. Важным фактором повышения эффективности занятий является заинтересованность испытуемых. Необходимо находить такие виды физических упражнений, которые формируют у испытуемых мотивацию заниматься физической культурой не только на занятиях, но и самостоятельно.

Помимо артериальной гипертензии в структуре общей заболеваемости до 25% занимают другие болезни сердца (I30-I52 по МКБ-10), здесь более 20 нозологических единиц, которые отчасти включают малые аномалии развития сердца (МАРС) [20–22].

МАРС – это анатомические изменения сердца и магистральных сосудов, не приводящие к грубым нарушениям функций сердечно-сосудистой системы и выраженным изменениям гемодинамики [23–25]. В понятие МАРС входит около 30 нозологических форм (табл. 1).

**Таблица 1**

Классификация МАРС по С.Н. Гнусаеву

Локализация	Виды МАРС
Предсердия, межпредсердная перегородка	Пролапс клапана НПВ, увеличенный евстахиевый клапан, открытое овальное окно, небольшая аневризма МПП, пролабирующие гребенчатые мышцы в ПП
Трикуспидальный клапан (ТК)	Небольшое смещение септальной створки в полость ПЖ, дилатация правого АВ-отверстия, пролапс ТК
Лёгочная артерия (ЛА)	Дилатация ствола ЛА, пролапс створок клапана ЛА
Аорта	Погранично узкий и широкий корень аорты, дилатация синусов Вальсальвы, двустворчатый клапан аорты, асимметрия и пролапс створок клапана аорты
Левый желудочек (ЛЖ)	Аномально расположенные/дополнительные трабекулы или хорды, небольшая аневризма МЖП, деформация выносящего тракта ЛЖ
Митральный клапан (МК)	Пролапс МК, эктопическое крепление или нарушенное распределение хорд передней и (или) задней створки, дополнительные и аномально расположенные папиллярные мышцы

Примечание: НПВ – нижняя полая вена, МПП – межпредсердная перегородка, ПП – правое предсердие, МЖП – межжелудочковая перегородка, АВ – атриоventрикулярное.

Таблица 2

Сопутствующие нарушения у пациентов с МАРС [11, 13]

Вид отклонений		Доля от всех пациентов с МАРС, %
I. Суправентрикулярные нарушения ритма		
Всего		59,0
в том числе	синусовая аритмия	53,8
	синусовая брадиаритмия	2,6
	миграция водителя ритма по предсердиям	2,6
II. Нарушения проведения		
Всего		15,4
в том числе	нарушение проведения по правой ножке пучка Гиса	2,6
	неспецифические нарушения внутрижелудочковой проводимости	12,8
III. Отклонения в гемограмме		
Всего		33,3
в том числе	снижение уровня гемоглобина	12,8
	снижение числа эритроцитов	12,8
	снижение MCV	20,5
	снижение MCH	7,6
	снижение MCHC	10,3

Анализ возрастной структуры пациентов показывает, что наибольшая частота обнаружения данной предпатологии выявляется в возрастной группе от 1 года до 19 лет (75,5%), а 18 лет – это как раз тот стрессовый период, когда человека заканчивает школу и поступает в вуз. В структуре МАРС преобладают следующие нозологические формы: пролапс митрального клапана (13,2%), ложные хорды желудочков сердца (73,2%), открытое овальное окно (0,32%), удлинение створок клапана нижней полой вены (6,6%) [25]. Особое внимание следует обратить на «значимые» малые аномалии, которые сочетаются с нарушением ритма, проводимости сердца, отклонениями в гемограмме, именно они могут быть причиной внезапного ухудшения состояния человека при стрессовом воздействии (табл. 2).

У пациентов с аномальным прикреплением хорды в 80% случаев отмечались суправентрикулярные нарушения ритма (СВНР) и в 6,7% случаев нарушения проводимости [26–28]. Также СВНР были выявлены у 50% пациентов с дополнительными хордами и дополнительными трабекулами, а нарушения проводимости в 25% и 12,5% случаев [29–30].

#### Выводы

Таким образом, можно отметить, что основные факторы риска артериальной гипертензии у студентов это – курение, нерациональное питание, низкая двигательная активность, избыточная масса тела. Коли-

чество молодых людей с факторами риска увеличивается, кроме этого увеличивается и само количество факторов риска у одного человека, наиболее часто выявляются курение и нерациональное употребление жиров, избыточная масса тела, наблюдается комплексное действие этих факторов, что может приводить к ремоделированию сердечно-сосудистой системы, развитию заболеваний. Исходя из факторов риска, можно выделить основные точки приложения для профилактики: достаточный уровень двигательной активности и контроль массы тела, рациональное питание, борьба с вредными привычками. Студентам обязательно требуется посещать занятия физической культурой. Оздоровительный эффект дают различные физические упражнения – бег по утрам, плавание, катание на лыжах и коньках, занятия на различных снарядах в спортивном зале. Режим дня обязательно должен предусматривать интенсивные физические нагрузки. Активная физическая нагрузка в течение 30 минут стимулирует выработку эндорфинов. Человеку с ожирением перед началом спортивных занятий нужно обязательно проконсультироваться у врача, определить допустимый уровень нагрузки, возможно – понадобятся услуги специалиста ЛФК.

Для повышения уровня грамотности молодого населения в отношении правильного питания, вероятно, следует ввести предмет в образовательные программы разного уровня, для ознакомления с принци-

пами. Контроль массы тела студенты могут проводить самостоятельно, не представляет трудностей методика расчета индекса массы тела, для сравнения его с нормой.

Что касается МАРС, то можно сказать, что данная проблема требует тщательного врачебного контроля, особенно при проведении предварительных медицинских осмотров, для определения группы для занятий физической культурой при обучении в вузе, также необходимо учитывать, что МАРС в течение естественного взросления и старения могут быть предрасполагающим фактором развития заболеваний сердечно-сосудистой системы (аритмии, блокады), поэтому целесообразно выделять этих пациентов в группу специального диспансерного наблюдения.

### Список литературы

1. Глазунов И.С., Оганов Р.Г., Перова Н.В. и др. Руководство по профилактике в практическом здравоохранении // Адаптированный вариант рекомендаций ВОЗ. М., 2000. 217 с.
2. Арутюнов Г.П. Терапия факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний. М: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 672 с.
3. Беломестных Г.В., Парфисенко Н.А. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов второго года обучения // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2015. № 26. С. 38–41.
4. Захарова Ю.В. Малые аномалии развития сердца у детей как проявление дисплазии соединительной ткани // Cons. Medicum (приложение «Педиатрия»). 2011. № 2. С. 57–61.
5. Семенова Н.В., Ляпина В.А. Гигиенические подходы к оценке физической подготовленности студентов вузов и адаптации их к профессии // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7684> (дата обращения: 09.09.2018).
6. Володчиков С.Л., Торба Т.Ф. Динамика и особенности заболеваемости студентов технических специальностей // Science and business: Development Ways. 2015. № 12 (54). С. 21.
7. Гаас Е.Н., Модестов А.А. Особенности заболеваемости населения трудоспособного возраста болезнями системы кровообращения по данным ОМС // Электронный научный журнал Социальные аспекты здоровья населения ЭЛ № ФС77. С. 23–25.
8. Зволинская Е.Ю., Александров А.А. Оценка риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у лиц молодого возраста // Кардиология. 2010. № 8. С. 103–105.
9. Мирионков Д.Н., Токарева Л.Г., Стуров Н.В., Кобыляну Г.Н. Малые аномалии развития сердца у лиц молодого возраста из разных регионов мира // Журнал «Земский Врач». 2012. № 6 (17). С. 34–37.
10. Камышанский О.А., Игнатова С.Т., Тренева Г.О., Щенягская И.В., Рябов А.А., Лазебник Л.Б. Распространенность некоторых факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний среди студентов в зависимости от пола и уровня артериального давления // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2008. № 7 (3). С. 67–69.
11. Катульская О.Ю. Особенности функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы студентов вуза, проживающих в промышленном городе восточной Сибири // Бюллетень ВСЦН СО РАМН. 2013. № 3 (91). ч. 1. 121 с.
12. Ляшенко Х.М. Коррекция функционального состояния студентов с отклонениями в сердечно-сосудистой системе средствами физической культуры // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура, спорт. 2013. № 1. С. 111–116.
13. Хромина С.И. Анализ заболеваемости студентов как основополагающий фактор педагогического процесса по физической культуре // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2016. С. 25.
14. Серезенко Н.П., Болотова В.С. К вопросу о структуре и распространенности малых аномалий развития сердца // Журнал анатомии и гистопатологии. 2013. Т. 2 № 1. С. 71–72.
15. Харитоновна Л.Г., Кузнецова И.А., Михалева А.В. Многолетняя динамика заболеваемости студентов физкультурного вуза // Физкультурное образование Сибири. 2014. № 1 (31). С. 18–20.
16. Черная С.И., Макаренко А.Н., Сиваков Л.А. Особенности заболеваемости студентов медицинского и немедицинского вузов, связанные с выбором профессиональной деятельности // Вестник биологии и медицины. 2014–2015. № 1 (117). С. 61–64.
17. Чубриева С.Ю., Беляков Н.А., Глухов Н.В., Чубкин И.В. Метаболический синдром у девушек подростков // Журнал акушерства и женских болезней. 2007. Т. LVI. Вып. 3. С. 11–13.
18. Дедулина Н.В., Ляпин В.А. Комплексная оценка обитания здоровья детского населения промышленного города // Профилактическая и клиническая медицина. 2007. № S1. С. 147–148.
19. Berry J.D., Lloyd Jones D.M., Garside D.B., Greenland P. Framingham risk score and prediction of coronary heart disease death in young men. Am. Heart J. 2007. 154:80. P. 86.
20. Jackson R. Updated New Zealand cardiovascular disease risk/benefit prediction guide. BMJ 2000. 320: 709 P. 710.
21. De Marko M., de Simone G., Roman M.J., Cardiovascular and metabolic predictors of progression of prehypertension into hypertension: the Strong Heart Study. Hypertension. 2009. Vol. 54, № 5. P. 974–980.
22. Dhanardhono T., Thia E.W., Wei X. et al. Incidence and outcome of prenatally diagnosed, chromosomally normal congenital heart defects in Singapore. Singapore Med. J. 2012 Oct. № 53 (10) P. 643–647.
23. McMahan C.A., Gidding S.S., Viikari J.S. et al. Association of Pathobiologic Determinants of Atherosclerosis in Youth risk score and 15-year change in risk score with carotid artery intima-media thickness in young adults (from the Cardiovascular Risk in Young Finns Study) Am. J. Cardiol. 2007. № 100. P. 1124–1129.
24. Lester S.J., Eleid M.F., Khandheria B.K., Hurst R.T., Carotid intima-media thickness and coronary artery calcium score as indications of subclinical atherosclerosis. Mayo Clin. Proc. 2009. № 84. P. 229–233.
25. Lichtenstein A.H., Kennedy E., Barrier P. et al. / Dietary fat consumption and health. Nutr. Rev. 1998. Vol. 56. P. 3–19.
26. Muscat J.E., Harris R.E., Haley N.J., et al. Cigarette smoking and plasma cholesterol. AM Heart J. 1991. № 2 (4) P. 147.
27. Zhang Y., Riehle-Colarusso T., Correa A. et al. Observed prevalence of congenital heart defects from a surveillance study in China. J. Ultrasound Med. 2011 Jul. № 30 (7). P. 989–995.
28. Parikh N.I., Pencina M.J., Wang T.J., et al. A risk score for predicting near term incidence of hypertension: the Framingham Heart Study. Ann Intern Med. 2008. № 148. P. 102–110.
29. Rizzo M., Corrado E., Coppola G. et al. Prediction of cerebrovascular and cardiovascular events in patients with subclinical carotid atherosclerosis: the role of C-reactive protein. J. Investing. Med. 2008. № 56. P. 32–40.
30. Shah P. Current concepts in mitral valve prolapsed diagnosis and management. J. Cardiol. 2010. № 56. P. 125–133.

УДК 616.711-007.5-084:577.214

## АНАЛИЗ ОДНОНУКЛЕОТИДНЫХ ПОЛИМОРФНЫХ ЛОКУСОВ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К ИДИОПАТИЧЕСКОМУ СКОЛИОЗУ

Кузнецов С.Б., Михайловский М.В.

*ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, e-mail: niito@niito.ru*

В обзоре литературы проанализированы 49 однонуклеотидных полиморфных локусов, для которых была показана статистически достоверная связь с предрасположенностью к идиопатическому сколиозу и обосновано их включение в список маркеров заболевания для создания прогностической тест-системы на основе ДНК-микрочиповой технологии. Весь набор маркеров состоит из 79 однонуклеотидных полиморфных локусов, 30 из которых были проанализированы в нашем предыдущем обзоре (2016). Для некоторых из этих молекулярных маркеров показана положительная ассоциация не только с риском развития самого заболевания, но и с его прогрессом. Проведенный анализ показал, что практически все эти полиморфные локусы, а по сути своей мутации, являются именно маркерами, а не причинами идиопатического сколиоза, поскольку они не изменяют нуклеотидные последовательности в кодирующих частях генов, так или иначе связанных с развитием соединительных тканей в организме. ДНК-микрочип для определения генетической предрасположенности к сколиозу разрабатывается в Новосибирском НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна для помощи ортопедам в выявлении рисков возникновения заболевания, предсказания тяжести его протекания и определения стратегии его лечения.

**Ключевые слова:** молекулярные маркеры, полиморфные локусы, идиопатический сколиоз, ДНК-микрочип

## ANALYSIS OF SINGLE POLYMORPHIC LOCI AS POTENTIAL MARKERS OF PREDISPOSITION TO IDIOPATHIC SCOLIOSIS

Kuznetsov S.B., Mikhaylovskiy M.V.

*Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, e-mail: niito@niito.ru*

The literature review has analyzed 49 single nucleotide polymorphic loci, for which a statistically significant association with predisposition to idiopathic scoliosis was shown, and their inclusion in the list of disease markers to create a prognostic test system based on DNA microarray technology was justified. The entire set of markers consists of 79 single nucleotide polymorphic loci, 30 of which were analyzed in our previous review (2016). For some of these molecular markers a positive association is shown not only with the risk of developing the disease itself, but also with its progress. The analysis demonstrated that almost all these polymorphic loci, i.e. mutations, are markers, rather than causes of idiopathic scoliosis, since they do not alter the nucleotide sequences in the coding parts of the genes, one way or another connected with the development of connective tissues in the body. A DNA microchip for determining genetic predisposition to scoliosis is being developed at the Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after Ya.L. Tsivyan, to help orthopedists in identifying the risks of a disease, predicting the severity of its occurrence, and determining the strategy for its treatment.

**Keywords:** molecular markers, single nucleotide polymorphic loci, idiopathic scoliosis, DNA microarray

Идиопатический сколиоз [ИС или (IS) Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM) number 181800)] характеризуется трехмерной деформацией грудного и/или поясничного отдела позвоночника, причем ведущую роль в механогенезе деформации играет торсия (скручивание вокруг вертикальной оси). Если определять идиопатический сколиоз как искривление позвоночника (угол Кобба) по крайней мере в 10°, то он является наиболее частой деформацией позвоночника и встречается от 0,5% до 10% подростков во всех человеческих популяциях. Бурное развитие заболевания обычно случается в период быстрого роста в подростковом возрасте и характеризуется двумя выраженными факторами риска – потенциалом роста и принадлежностью к жен-

скому полу. Начальные стадии развития заболевания часто остаются незамеченными, поскольку не доставляют пациентам явных неудобств. Обычно идиопатический сколиоз выявляется попутно в ходе медицинских осмотров по другим поводам, в ходе плановых осмотров школьников или при плановой флюорографии. Нередко деформации позвоночника у детей выявляются на стадиях, когда угол Кобба превышает 10°. Под определение «идиопатический сколиоз» попадают все деформации позвоночника, развившиеся без видимых причин после рождения ребенка (Scoliosis Research Society). При этом выделяется также и врожденный сколиоз, и в медицине часто под этим понимают деформации позвоночника, заметные при рождении ребенка. Собственно, меди-

цинская классификация сколиозов в основном и строится на этих отличиях. Недавнее исследование на больших популяционных выборках с участием одно- и разнояйцовых близнецов достоверно показало, что заболевание идиопатическим сколиозом генетически детерминировано. Закономерно возникла необходимость попытаться найти генетические основы этого заболевания, то есть, гены, мутации в которых могут вызывать развитие сколиоза.

В предыдущих обзорах [1, 2] были представлены данные из литературных источников о связи ряда генов и мутаций в них с развитием и протеканием идиопатического сколиоза. Мутации – суть изменения нуклеотидной последовательности – могут являться не только причинами каких-либо заболеваний, но и быть молекулярными маркерами этих заболеваний, если они не затрагивают важных частей генов, или находятся в некодирующих частях генов, или находятся в межгенных промежутках, и для них показана корреляция с заболеванием, что позволяет использовать их в разработке инструмента или метода для выявления генетической предрасположенности к заболеванию. Набор молекулярных признаков (маркеров) сколиоза, обнаруженных в публикациях, оказался достаточно большим, что определило выбор ДНК-микрочиповой технологии как наиболее подходящей, для анализа геномов на наличие таких маркеров. Созданный ДНК-микрочип позволит одновременно анализировать все помещенные на него маркеры и получать важную информацию о генетическом статусе пациента, т.е. о наличии у него молекулярных признаков (маркеров), связанных с развитием сколиоза. Такой анализ, сделанный в раннем возрасте, позволит выявлять детей с риском развития у них сколиоза, в некоторых случаях определять характер протекания заболевания и прогнозировать результаты лечения. Дети с высоким риском развития сколиоза будут находиться под пристальным наблюдением, проходить частые медицинские освидетельствования для того, чтобы выявить развитие заболевания на ранних стадиях и принять правильное и своевременное решение о выборе метода лечения – консервативного либо хирургического.

В Новосибирском НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна разрабатывается ДНК-микрочип, для которого был сформирован набор однонуклеотидных полиморфных локусов (ОНП) или в английском варианте «single nucleotide polymorphism» (SNP) для размещения на микрочипе. Этот набор не является фиксированным, он мо-

жет быть как уменьшен, так и существенно расширен, поскольку технология позволяет добавлять на микрочип тысячи новых маркеров. Насколько известно авторам, подобной тест-системы в России и в мире нет. Для этого был собран список генетических маркеров сколиоза, для которых была выявлена достоверная связь с заболеванием. Основное количество научных публикаций основано на результатах, полученных на выборках пациентов из Юго-Восточной Азии: Китай, Корея, Япония. Небольшая часть публикаций приходится на регионы Западной Европы: Италия, Финляндия, Испания. Подобные исследования не проводились на территории России вообще и в Сибирском регионе в частности. Популяции россиян могут быть по-своему уникальными, поскольку формировались и развивались в значительной степени изолировано от Юго-Востока Азии и от Западной Европы, а потому в них могут быть свои специфические генетические маркеры, либо частоты известных маркеров в них могут быть отличными от других популяций. Испытания созданного ДНК-микрочипа на выборке пациентов Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, в клинике которого проходят лечение жители всего сибирского региона, включая Дальний Восток и среднеазиатские страны, позволит выявить пригодность выбранных ОНП и корректно сформировать список наиболее часто встречающихся на территории Сибири генетических маркеров сколиозов.

В настоящем обзоре, который является продолжением предыдущего [2], представлен анализ 50 молекулярных маркеров, обнаруженных в научных публикациях, из которых 49 включены в список потенциальных маркеров идиопатического сколиоза. Таким образом, общее число маркеров, внесенных в список, равно 79. Обозначения однонуклеотидных полиморфных локусов и генов приводятся в соответствии с общепринятыми аббревиатурами. Полную информацию об однонуклеотидных полиморфизмах можно найти на сайте National Center for Biotechnology Information. Считаю необходимым дать некоторые определения, которые используются в данном обзоре.

Однонуклеотидный полиморфный локус по своей сути является точечной мутацией, то есть изменением некоторой последовательности нуклеотидов, принятой за каноническую. А полиморфизм, как явление, появился вследствие мутаций. Во многих публикациях, особенно медицинской направленности, принято считать, что мутация – это изменение, приводящее к вредным для организма последствиям,

а ОНП – нейтрален по сути. Однако в упомянутой базе данных для каждого ОНП в разделе «клиническое значение» указано, является он патогенным или нет. Как и при использовании термина «мутация», аллели принято обозначать как «нормальный» или «дикий» и «мутантный», так и мы обозначали аллели при использовании термина «ОНП». В базе данных, как правило, «нормальной» обозначена наиболее распространенная аллель. Мы придерживались таких же обозначений аллелей. Полные названия генов в обзоре приведены на английском языке, потому что для многих из них нет адекватных названий на русском, и эти названия приводятся в соответствии с международными названиями National Center for Biotechnology Information.

C17orf67 – Открытая рамка считывания 67 на хромосоме 17. Китайская группа исследователей [3] обнаружила достоверную связь аллели А однонуклеотидного полиморфного локуса rs4794665 с ускоренным ростом в подростковый период и увеличенным ростом у взрослых и показала, что носительство этой аллели является фактором риска развития идиопатического сколиоза. Однако наличие этой аллели никак не связано со степенью искривления позвоночника. Американские исследователи [4] на выборке из 8184 подростков европейского происхождения такой связи не выявили, как и большая международная группа в своем метаанализе однонуклеотидных полиморфизмов, связанных со скоростью роста у подростков [5]. Однако другой международный коллектив авторов [6] показал, что частоты минорных аллелей некоторых полиморфных локусов, в частности rs4794665, являются этнически специфичными, то есть сильно различающимися в кавказской и монголоидной расах, по крайней мере, у китайцев. По данным проекта «1000 геномов» частота аллели А в восточноазиатской популяции равна 19,5%, а в европейской – 47,4%. Мы внесли локус rs4794665 в список потенциальных маркеров сколиоза, поскольку популяция Сибирского федерального округа имеет свои особые характеристики (см. ниже).

Ген LBX1-AS1 (Ladybird Homeobox 1 – Antisense RNA 1). Китайские исследователи [7] на выборке из 513 пациентов показали, что аллель G однонуклеотидного полиморфного локуса rs625039, находящегося в интроне гена, статистически достоверно связана с предрасположенностью к идиопатическому сколиозу, однако они не выявили связи этой аллели со степенью искривления позвоночника (угол Кобба). Группа исследователей из Японии [8]

в двухстадийном исследовании ассоциаций маркеров и признаков на общей выборке в 12 тысяч участников также показали достоверную связь аллели G локуса rs625039 с предрасположенностью к сколиозу. И еще одна группа из Китая [9] показала в метаанализе, основанном на обследовании 34626 индивидов, что эта аллель увеличивает предрасположенность к сколиозу у азиатов. Частота аллели G в азиатской популяции согласно проекту «1000 геномов» равна 65,3%, а в европейской популяции – 87,9%, однако, мы не обнаружили исследований связи аллели G локуса rs625039 с предрасположенностью к сколиозу, проведенных на выборках из популяций европейцев. Тем не менее мы внесли этот полиморфизм в список маркеров сколиоза для размещения на микрочипе. Другая группа китайских ученых [10] провела исследования геномов 4317 пациентов женского пола из китайской популяции с диагностированным подростковым идиопатическим сколиозом, у которых угол кривизны позвоночника (угол Кобба) был более 20°. Они обнаружили достоверную связь с заболеванием однонуклеотидного полиморфного локуса rs678741, находящегося в интроне гена LBX1AS1. В трех репликативных анализах частота аллели А в группе пациентов достоверно превышала частоту этой аллели в контрольных группах. Средняя частота в европейской популяции минорной аллели А, которая, по видимому, является аллелью риска, равна 56,4%, в азиатской – 43,6%. Локус rs678741 внесен в наш список маркеров предрасположенности к сколиозу.

Район 10q24.31, рядом с геном LBX1 (Ladybird Homeobox 1). Скандинавские исследователи [11] на выборке из 1739 пациентов показали, что полиморфный локус rs11190870, расположенный ниже гена LBX1, с высокой степенью достоверности связан с развитием идиопатического сколиоза. Японские исследователи [12] в полногеномном поиске ассоциаций, в который были вовлечены 1376 японских девочек с подростковым идиопатическим сколиозом, выявили статистически достоверную ассоциацию локуса с заболеванием. Упомянутая выше группа китайских ученых [9] в метаанализе, основанном на исследовании 34626 субъектов, показали строгую связь аллели T полиморфного локуса rs11190870 с предрасположенностью к сколиозу у азиатов. Канадские ученые [13] в метаанализе показали строгую связь этого локуса с идиопатическим сколиозом у восточноазиатов. И, наконец, группа американских исследователей [14] обнаружила, что локус rs11190870 находится в умеренном

неравновесном сцеплении с другим полиморфным локусом rs1190878, который расположен выше гена LBX1 и у которого авторы нашли очень строгую ассоциацию с предрасположенностью к сколиозу. Фактором риска является аллель Т локуса rs1190870, и частота этой аллели в восточноазиатской популяции равна 53,9%, а в европейской – 59,1%. С самой высокой частотой (70,1%) эта аллель встречается в популяциях южной Азии. На основании всех приведенных данных мы включили локус rs1190870 в наш список маркеров идиопатического сколиоза. Локус rs1190878 мы также внесли в наш список маркеров, хотя о его связи с предрасположенностью к сколиозу упомянуто только в одном исследовании [14]. Ассоциацию еще одного полиморфного локуса rs11598564, расположенного вблизи гена LBX1, с предрасположенностью к идиопатическому сколиозу показали уже упоминавшиеся здесь группы исследователей из Японии [8] и Китая [9]. Их выводы об этой ассоциации были подтверждены метаанализом [15].

Ген CALM1 (Calmodulin 1). Китайские исследователи [16] показали, что однонуклеотидные полиморфные локусы rs2300496, rs2300500 и rs3213718, расположенные в интронах гена калмодулина I надежно коррелируют с предрасположенностью к идиопатическому сколиозу. Аллели С локуса rs2300496, G локуса rs2300500 и С локуса rs3213718 достоверно чаще встречаются в группах пациентов с диагностированным сколиозом, и гомозиготность по любым из этих аллелей сильно увеличивает риск развития сколиоза у носителей таких генотипов. Объединение аллелей риска в гаплотип CGC еще более увеличивает шанс появления сколиоза. Однако авторы не обнаружили какой-либо связи между аллелями риска, разными генотипами и их сочетаниями в гаплотипах и тяжестью протекания заболевания. Индийские ученые [17] на выборке из 695 пациентов выявили статистически значимую связь полиморфного локуса rs3213718 с тяжелой дегенерацией межпозвоночных дисков в поясничном отделе позвоночника. Частоты аллелей риска в разных популяциях следующие: аллель С локуса rs2300496 в Восточной Азии 80,6%, в Европе – 41,8%, в Южной Азии – 60,2%; аллель G локуса rs2300500 в Восточной Азии 80,6%, в Европе – 41,8%, в Южной Азии 60,2%; аллели С локуса rs3213718 в Восточной Азии 78,5%, в Европе – 39%, в Южной Азии – 56,7%. Все три локуса мы внесли в наш список маркеров идиопатического сколиоза. Исследовательская группа из Китая [18, 19] показала, что

еще два однонуклеотидных полиморфных локуса: rs12885713, локализованный в промоторе гена CALM1, и rs5871 из 3'-нетранслируемой области того же гена находятся в статистически достоверной ассоциации с предрасположенностью к идиопатическому сколиозу. Мутантные аллели Т обоих локусов достоверно чаще встречаются у пациентов с двойной кривизной позвоночника, большим (более 40°) углом Кобба и апикальной локализацией (между T2 и T11-12) основной кривизны. В ранней работе [20] эти авторы показали достоверные различия в частотах аллели Т локуса rs12885713 в группе пациентов с двойной кривизной позвоночника и в контрольной группе, и частотах аллели Т локуса rs5871 у пациентов с кривизной в грудном отделе позвоночника и контрольной группой. Они также показали, что аллель Т локуса rs2234693 (PvuII site в гене ESR1) достоверно чаще встречается во всех трех группах пациентов, и предположили, что комбинация этого полиморфизма с мутантными аллелями rs12885713 и rs5871 отягчают развитие болезни. Частота аллели Т локуса rs12885713 в восточноазиатской популяции равна 19,7%, а в европейской популяции она выше – 58,2. Частота мутантной аллели Т локуса rs5871 в восточноазиатской популяции равна 39,1%, в то время, как в европейской – 91,8%, а в южноазиатской – 87,5%. Исследований ассоциаций этих полиморфных локусов и идиопатического сколиоза на выборках пациентов европейского происхождения мы не нашли. Тем не менее эти локусы внесены в список маркеров предрасположенности к сколиозу, по крайней мере на исследовательском этапе.

Ген IL17RC (Interleukin-17 receptor C). Китайские исследователи в двух своих работах [21, 22] на выборке из 529 девочек подросткового возраста показали, что полиморфный локус rs708567, расположенный в интроне гена, статистически значимо связан с предрасположенностью к сколиозу. А именно носители аллели G имеют в 1,507 раза больше шансов развития сколиоза, чем носители аллели A, а носители генотипа GG имеют в 1,550 раза больше шансов развития болезни, чем носители генотипа AG. Кроме того, у носителей генотипа GG при развитии болезни угол Кобба больше, чем у носителей генотипа AG. В метаанализе результатов исследований, посвященных поиску генетических маркеров идиопатического сколиоза, [23] достоверность выявленной ассоциации была подтверждена. Частота мутантной аллели G в этом локусе достаточно высока во всех мегапопуляциях, хотя в восточноазиатской она самая вы-

сокая – 90,7%. Лocus rs708567 был внесен в наш список маркеров.

Ген MATN1 (Matrilin 1). Группа южнокорейских ученых [24] обнаружила статистически значимую ассоциацию полиморфного локуса rs1065755 с типом искривления позвоночника, когда сравнивала пациентов с идиопатическим сколиозом (166) и контрольную выборку (126). По их данным аллель А связан с большим риском возникновения сколиоза, чем аллель G. Также аллель А достоверно чаще встречается в группе больных с двойной кривизной позвоночника, чем в контрольной группе. Этот полиморфизм представляет собой синонимичную мутацию, то есть замену нуклеотида в третьем положении в кодоне, которая не изменяет кодируемую этим кодоном аминокислоту и, следовательно, свойства самого белка. Частота мутантной аллели G в этом локусе также высока во всех мегапопуляциях, а в восточноазиатской популяции она самая высокая – 81,7%. Лocus rs1065755 внесен в список маркеров, чтобы проверить его эффект на выборках наших пациентов.

Ген GPER1 (G protein-coupled estrogen receptor 1). Группа китайских исследователей [25] на выборке из 344 пациентов с идиопатическим подростковым сколиозом пытались выявить связь нескольких однонуклеотидных полиморфных локусов: rs3808351, rs10269151 и rs4266553, расположенных в интронах гена GPER1, с предрасположенностью к заболеванию. Четкой связи им найти не удалось, однако они установили, что гетерозиготы по всем трем локусам статистически значимо связаны со степенью кривизны позвоночника. Японская команда ученых повторила эти исследования [26] на 2117 пациентах и не нашла достоверных различий в частотах встречаемости аллелей риска у пациентов и контрольной группе. По данным проекта «1000 геномов» частота аллели G (аллель риска) локуса rs3808351 в восточноазиатской популяции – 82%, европейской – 70%, южноазиатской – 67%; частота аллели G (аллель риска) локуса rs10269151 в восточноазиатской популяции – 93%, европейской – 95%, южноазиатской – 99%; частота аллели G (аллель риска) локуса rs4266553 в восточноазиатской популяции – 7%, европейской – 11%, южноазиатской – 13%. Мы решили внести эти локусы в наш список маркеров. Частоты аллелей G (аллель риска) первых двух локусов очень высоки во всех мегапопуляциях – Азия, Европа, Африка и т.д., и учитывая результаты китайских ученых, что в группе пациентов достоверно чаще, чем в контроле, встречаются гетерозиготы по этим локусам, может

оказаться, что аллелями риска будут другие аллели.

Ген ESR2 (Estrogen Receptor 2). Китайские исследователи [27] на выборке из 218 пациентов показали, что частота генотипов CC однонуклеотидного полиморфного локуса rs1256120 в 5'-нетранслируемой области гена ESR2 достоверно выше в группе пациентов, чем в контрольной группе. На основании этого они пришли к выводу, что этот locus может быть связан с предрасположенностью к идиопатическому сколиозу. Японская группа [28] повторила эти исследования на выборке из 798 пациентов и не нашла связи локуса rs1256120 со сколиозом. Ученые из Польши [29] также не выявили связи этого локуса с предрасположенностью к сколиозу. И, наконец, группа из Канады [30] провела метаанализ всех исследований и не подтвердила связи указанного локуса с предрасположенностью к идиопатическому сколиозу. На основании всего вышеизложенного мы не стали включать locus rs1256120 в гене ESR2 в список потенциальных маркеров сколиоза. Упомянутая выше группа из Польши [29] обнаружила связь другого полиморфного локуса rs4986938 в гене ESR2 со степенью искривления позвоночника при сколиозе. Так, у пациентов с генотипом AA величина угла Кобба была  $31,9^\circ \pm 14,2^\circ$ ; с генотипом AG –  $43,2^\circ \pm 17,8^\circ$ ; и с генотипом GG –  $38,9^\circ \pm 19,0^\circ$ . Других исследований прямой связи этого локуса со сколиозом мы не обнаружили. Частота аллели G и в восточноазиатской, и в европейской популяциях достаточно высока – 87% и 62% соответственно. Мы внесли этот locus в наш список потенциальных маркеров сколиоза.

Ген MESP2 (Mesoderm posterior protein 2). Группа британских ученых [31] обнаружила редкую мутацию – дупликацию четырех нуклеотидов ACCG в первом экзоне гена MESP2, приводящую к сдвигу рамки считывания, у двух детей со спондилокардальным дизостозисом в одной семье. Они оказались гомозиготами по данной мутации, в то время как их родители с нормальным фенотипом были гетерозиготами, а третий ребенок, также с нормальным фенотипом был гомозиготой по «дикой» аллели. Данных по частоте встречаемости этого полиморфизма нет в базе проекта «1000 геномов», поэтому оценить общую частоту встречаемости патогенной аллели мы не смогли, но внесли этот locus в список потенциальных маркеров. Коллектив американских исследователей [32] изучил 12 семей из Пуэрто-Рико, в которых имелись случаи спондилоторакального дизостозиса, и выявила 10 семей с гомозиготными носи-

телями мутации rs71647808 в гене MESP2, приводящей к образованию стоп-кодона и преждевременной терминации трансляции. Все гомозиготные носители мутации были поражены заболеванием в разной степени тяжести, и у всех был сколиоз. Гетерозиготные носители этой мутации не имели внешних проявлений болезни. В том же исследовании авторы обнаружили еще две мутации в гене MESP2 – rs118204035, приводящую к стоп-кодону, и rs71647806, приводящую к замене лейцина в 125 положении на валин. Носители этих мутаций были гетерозиготами и имели нормальный фенотип. Авторы предположили по характеру распространения мутаций, что имеется эффект основателя. Данных по частотам аллелей этих полиморфных локусов в базе данных проектов «1000 геномов» и «Альфред» мы не нашли, но внесли эти локусы в наш список маркеров исключительно из научного интереса.

Ген SLC6A4 (Solute carrier family 6 member 4). Группа исследователей из США [33] проанализировала участок (18,3Mb – 31,47Mb) хромосомы 17 человека, чтобы найти определенные генетические факторы, связанные с семейным идиопатическим сколиозом. В исследовании участвовало 202 семьи (1198 человек), в каждой из которых имелось как минимум 2 человека с диагностированным сколиозом; в 17 семьях были мужчины, которые перенесли операцию по исправлению позвоночника. Наиболее достоверная связь со сколиозом была выявлена для однонуклеотидного полиморфного локуса rs4325622, находящегося в интроне гена SLC6A4. Аллель риска Т статистически значимо встречался чаще среди больных сколиозом, чем в контрольной группе. Средняя частота аллели Т в европейских популяциях 56,5%, в азиатских 17,7%. В этом же исследовании была обнаружена достоверная ассоциация полиморфного локуса rs2066713, также расположенного в интроне гена SLC6A4, со сколиозом. По данным проекта «1000 геномов» средняя частота аллели риска Т в европейских популяциях равна 38%, в азиатских – 6,5%.

Ген SSH2 (Slingshot protein phosphatase 2). Та же группа обнаружила статистически достоверную ( $p > 0,05$ ) ассоциацию полиморфного локуса rs2467334, локализованного в интроне гена, со сколиозом. Средняя частота аллели риска С в европейской популяции равна 49,9%, а в восточноазиатской – 28,1%.

Ген BLMH (Bleomycin hydrolase). В этом исследовании была выявлена еще одна ассоциация заболевания с однонуклеотидным полиморфным локусом rs7342921, который находится в кодирующей части гена, однако

мутация не приводит к замене аминокислоты, а значит, не нарушает свойства кодируемого белка. Средняя частота аллели риска G в европейских популяциях 67,1%, в азиатских – 82,5%.

Ген RAB11FIP4 (Rab11 family interacting protein 4). Статистически достоверная ассоциация полиморфного локуса rs2074153, находящегося в интроне гена, с развитием сколиоза была обнаружена этими же авторами. Средняя частота аллели риска G в европейских популяциях равна 32,5%, в азиатских – 20,3%. Несмотря на то, что все эти ассоциации были описаны только в одном исследовании и только для одной локальной популяции, мы внесли полиморфные локусы rs4325622, rs2066713, rs2467334, rs734292, rs2074153 в список маркеров предрасположенности к сколиозу, чтобы исследовать их статус в популяции Сибири.

Ген CNTNAP2 (Contactin-associated protein 2). Группа авторов из США [34] методом прямого секвенирования провела исследование 1113 геномов из 419 семей европейского (кавказского) происхождения, в которых были случаи подросткового идиопатического сколиоза. Ученые проанализировали 326498 однонуклеотидных полиморфных локусов на наличие ассоциации их со сколиозом и обнаружили статистически достоверную связь локуса rs11770843, находящегося в интроне гена CNTNAP2 с подростковым идиопатическим сколиозом. Группа исследователей из Китая [35] проанализировала выборку пациентов из китайской популяции и не нашла связи между полиморфизмом rs11770843 гена CNTNAP2 и подростковым идиопатическим сколиозом. Как в экспериментальной (N = 100), так и в контрольной группе (N = 100) у всех обследованных был генотип T/T. В базе данных NCBI (National Center for Biotechnology Information) для этого локуса указана замена С на Т (C>T), что подразумевает аллель С, как предковый или «дикий» вариант. Однако на веб-странице этого полиморфизма предковым вариантом уже указана аллель Т. Учитывая среднюю частоту аллели Т в европейских популяциях равной 74%, а в азиатских – 99,3%, предковым вариантом является, скорее, аллель Т, а аллелью риска – С. Тогда результат, полученный китайской группой, объясним, их выборка была мономорфна по этому маркеру. Принимая во внимание результаты американских ученых и частоты аллелей локуса rs11770843 в европейской популяции, мы включили этот локус в список потенциальных маркеров сколиоза.

Ген ZNF618 (Zinc Finger Protein 618). Упомянутая выше американская группа обнаружила достоверную ассоциацию

подросткового идиопатического сколиоза с районом хромосомы 9, лежащем в интервале 9q31.2-34.2. В этом районе были выделены несколько однонуклеотидных полиморфных локусов, один из которых – локус rs4979321, находящийся в интроне гена ZNF618, показал хотя и скромную, но статистически значимую связь с заболеванием.

Ген AMBP (Alpha-1-Microglobulin/Bikunin Precursor). Следующим полиморфным локусом из этого района был rs891725, лежащий в интроне гена AMBP. Для него также была показана статистически значимая связь со сколиозом.

Ген PALM2 (Paralemmin-2). Полиморфный локус rs1969944 из интрона гена PALM2 также показал статистически значимую ассоциацию с идиопатическим сколиозом, как и локус rs4836643, находящийся в том же районе в межгенном промежутке в позиции 9:129197852. По упомянутым выше причинам мы внесли локусы rs4979321, rs891725, rs1969944, rs4836643 в наш список потенциальных маркеров предрасположенности к сколиозу. В этом же исследовании были найдены еще четыре полиморфных локуса, строго ассоциированных с подростковым идиопатическим сколиозом. Эти же авторы провели дополнительное статистическое исследование полученных результатов [35]. Два из этих локусов: rs1400180 и rs10510181, находящиеся в интронах гена LOC101927174 (не охарактеризованный ген с хромосомы 3). И два других: rs1040315 и rs2222973 из интронов гена DSCAM (Down syndrome cell adhesion molecule) с хромосомы 21. Доказательства достоверности ассоциаций локусов со сколиозом, приведенные авторами, и частоты аллелей риска в азиатской и европейской популяциях дали нам основание внести эти полиморфные локусы в список маркеров предрасположенности к сколиозу.

Ген LEPR (Leptin receptor). Коллектив исследователей из Китая [36] проанализировал связь шести полиморфных локусов из гена LEPR у 570 пациентов в возрасте от 10 до 18 лет с подростковым идиопатическим сколиозом и 570 здоровых контролей соответствующего пола и возраста. Для rs2767485 из этих шести локусов была выявлена существенная разница в частотах аллелей и генотипов в экспериментальной и контрольной группах. Средняя частота встречаемости аллели риска С в европейской популяции 16,2%, в азиатской 5,7%. Хотя, эта ассоциация выявлена только в одном исследовании, мы добавили локус rs2767485 в список маркеров предрасположенности к сколиозу.

Гены BCL-2 (B-cell lymphoma 2), межгенный промежуток между PAX3 (Paired

box 3) и EPNA4 (Ephrin receptor A4), возле AJAP1 (Adherens Junctions Associated Protein 1). Китайские ученые [10] сделали анализ геномов 4317 пациентов женского пола из китайской популяции с диагностированным подростковым идиопатическим сколиозом, у которых угол кривизны позвоночника (угол Кобба) был более 20°. В трех репликативных исследованиях они обнаружили достоверную связь с заболеванием следующих полиморфизмов: rs4940576 (интрон гена BCL-2), средняя частота аллели риска Т в европейской популяции 23,3%, в азиатской – 46,9%; rs13398147 (между PAX3 и EPNA4), средняя частота аллели риска Т в европейской популяции 21,9%, в азиатской – 23,4%; rs241215 (возле AJAP1) средняя частота аллели риска А в европейской популяции 57,2%, в азиатской – 27,7%. Мы внесли полиморфные локусы rs4940576, rs13398147 и rs241215 в список маркеров предрасположенности к сколиозу.

Ген BNC2 (Basonuclin-2). Группа авторов из Японии [37] исследовала геномы 2109 пациентов с диагностированным сколиозом из японской популяции и геномы 11140 человек в качестве контроля. Они определили регион 9p22.2 на хромосоме 9, который связан с риском возникновения подросткового идиопатического сколиоза. В этом локусе находится ген BNC2, а в его интроне были определены несколько полиморфных локусов, которые статистически достоверно связаны с проявлениями сколиоза: rs3904778 (аллель G повышает риск), средняя частота аллели G в европейской популяции 22,9%, в азиатской популяции 66,2%; rs3850444 (аллель G повышает риск), средняя частота аллели G в европейской популяции 22,9%, в азиатской популяции 66,3%; rs2383002 (аллель С повышает риск), средняя частота аллели С в европейской популяции 22,96%, в азиатской популяции 66,87%; rs10738445 (аллель А повышает риск), средняя частота аллели А в европейской популяции 21,5%, в азиатской популяции 63,8%. Авторы повторили свое исследование на репрезентативной выборке пациентов и контролей из китайской популяции, и получили аналогичные результаты. Исследований описанных ассоциаций на выборках из европейской популяции мы не обнаружили, тем не менее мы добавили полиморфные локусы rs3904778, rs3850444, rs2383002 и rs10738445 в список потенциальных маркеров предрасположенности к сколиозу.

Группа исследователей из Китая [38] проанализировала образцы ДНК 990 пациентов женского пола с подростковым идиопатическим сколиозом и 1188 человек в кон-

трольной группе из китайской популяции. В сравнении с контролем у пациентов со сколиозом частота аллели G полиморфного локуса rs12618119, находящегося в межгенном промежутке в позиции 2:126742262, была достоверно выше. Частота этой аллели в восточноазиатской популяции составляет 46,8%, в европейской – 33,5%. Публикаций с подобными исследованиями на выборках пациентов со сколиозом из европейской популяции мы не обнаружили, однако, включили этот локус в число потенциальных маркеров предрасположенности к сколиозу.

Гены LINC01478 (Long Intergenic Non-Protein Coding RNA 1478), SPATA21 (Spermatogenesis-Associated Protein 21), и CDH13 (Cadherin 13). В том же исследовании авторы показали, что частота аллели A полиморфного локуса rs9945359 гене LINC01478 была значительно выше в группе пациентов, чем в контрольной группе. Кроме этого, было обнаружено, что в группе пациентов со сколиозом частота аллели T полиморфного локуса rs4661748 в гене SPATA21 и аллели C полиморфного локуса rs4782809 в гене CDH13 достоверно ниже, чем в контрольной группе. Средняя частота аллели A полиморфного локуса rs9945359 (LINC01478) в европейской популяции 15,5%, в азиатской – 19,6%. Средняя частота аллели T полиморфного локуса rs4661748 (SPATA21) в европейской популяции 31%, в азиатской популяции – 16%. Средняя частота аллели G полиморфизма rs4782809 (CDH13) в европейской популяции 44,6%, в азиатской – 46,9%. В этом исследовании авторы проверяли пригодность для китайской популяции маркеров тяжести протекания сколиоза, отобранных по итогам обследования североамериканцев европейского происхождения. Из 53 маркеров только перечисленные показали достоверные различия в частотах аллелей в группе пациентов и контрольной группе. Мы внесли полиморфизмы rs12618119, rs9945359, rs4661748, rs4782809 в список маркеров предрасположенности к сколиозу.

Ген MMP9 (Matrix metalloproteinase 9) Китайские ученые [39] изучили группу женщин с диагностированным сколиозом из китайской популяции (N = 190) в сравнении с контрольной группой (N = 190). Исследование показало, что у пациентов с генотипом GG полиморфного локуса rs2250889 гена MMP9 больший максимальный угол Кобба, чем у носителей генотипа CG или CC. Средняя встречаемость аллели G полиморфизма rs2250889 в европейской популяции 4,6%, в азиатской – 22,8%. Это единственная публикация, в которой описана такая зависимость, однако мы добавили

локус rs2250889 в список маркеров предрасположенности к сколиозу.

Ген HSPG2 (Heparan Sulfate Proteoglycan 2). Группа авторов из США [40] исследовала генотипы группы пациентов из европейской популяции и обнаружила несколько потенциально патогенных полиморфных локусов, связанных с идиопатическим сколиозом. Наиболее значимая ассоциация с заболеванием была обнаружена у полиморфного локуса rs143736974 в гене HSPG2. Средняя частота аллели дикого типа T полиморфного локуса rs143736974 в европейской популяции равна 99,6%, в азиатской – 100%. Несмотря на такую низкую частоту мутантной аллели C и единственную публикацию, описывающую ассоциацию локуса со сколиозом, мы добавили локус rs143736974 в список маркеров предрасположенности к сколиозу, по крайней мере на исследовательский период.

Таким образом, в предыдущем [2] и настоящем обзорах были проанализированы 80 генетических маркеров, для которых (на основе анализа данных литературы) была показана статистически достоверная связь с проявлениями сколиоза. Для некоторых из этих маркеров показана связь не только с риском возникновения самого заболевания, но и с его прогрессом. Проведенный анализ показал, что практически все эти полиморфные локусы являются в чистом виде маркерами, а не причинами развития идиопатического сколиоза. За исключением полиморфных локусов rs4753426, rs11063714, rs8179090, rs1800469, rs3025058, rs1800795, rs1800796, и rs5742612, находящихся в регуляторных районах генов, а именно в промоторах, остальные находятся либо в интронах, либо в межгенных промежутках. Только локус rs2289292 находится в экзоне гена TBX6, но замена нуклеотида в третьем положении не меняет аминокислоту, которую кодирует триплет, а значит, такая мутация не изменяет свойств белка. Из полиморфных локусов, находящихся в промоторах, только для rs3025058 показано, что его мутантный вариант 6T снижает экспрессию гена MMP3. Для локуса rs7755109, который находится в интроне гена GPR126, была показана строгая связь мутантной аллели G этого локуса с пониженными уровнями матричной РНК гена GPR126 и кодируемого им белка, хотя механизмов влияния этой мутации на альтернативный сплайсинг матричной РНК гена не выявлено. Так же в гене MESP2 выявлены несколько мутаций – rs71647808, rs118204035, rs71647806, приводящих к сдвигу рамки считывания, преждевременной терминации, или замене аминокислоты. MESP2 является членом ос-

нового семейства (bHLH – helix-loop-helix) транскрипционных регуляторных белков, необходимых для широкого спектра процессов внутриутробного развития, и имеет решающее значение для нормального сомитогенеза у человека. Это, пожалуй, единственный ген из нашего списка, для которого описаны мутации, изменяющие структуру белка, потенциально влияющего на возникновение сколиоза, однако эти мутации обнаружены в очень ограниченной популяции.

Все проанализированные полиморфные локусы только маркируют само заболевание или особенности его протекания, и ни для одного из них не было показано, что мутация в этом локусе является причиной заболевания идиопатическим сколиозом.

В анализ было вовлечено 53 гена и района хромосом, если локусы располагались в межгенных промежутках. Практически все эти гены никак не связаны с развитием или функционированием соединительной ткани, а некоторые из них даже косвенно не вовлечены в генные каскады, обеспечивающие метаболизм соединительных тканей. Каким образом формируются выявленные ассоциации полиморфных локусов с заболеванием сколиозом, на сегодняшний день никто ответить не может. Не было выявлено ни одного основного гена, мутации в котором наверняка приводят к развитию болезни, и авторы большинства приведенных публикаций пишут, что сколиоз является полигенным заболеванием, для которого список генов не определен. Тем не менее из большого списка маркеров, для которых пытались выявить ассоциацию с заболеванием, для анализа были выбраны 80 маркеров, один из которых не был внесен в наш список потенциальных маркеров сколиоза для создания прогностической тест-системы, определяющей риски возникновения заболевания или особенности его протекания.

Частоты аллелей упомянутых полиморфных локусов в популяциях Европы, Азии, Африки, Америк, приведенные в базах данных проекта «1000 геномов», достаточно сильно различаются. Причин этому может быть несколько, от «эффекта основателя» до отбора против одного из аллельных вариантов. Анализ частот встречаемости аллелей показал, что все перечисленные в приведенном обзоре полиморфные локусы являются маркерами сколиоза, а не его причиной. Например, аллель G в локусе rs1800795, находящемся в промоторе гена IL-6, достоверно чаще встречается в итальянской выборке больных идиопатическим сколиозом, при его частоте в европейской популяции 58,5%, и для него же не было

показано какой-либо связи с заболеванием в китайской выборке, поскольку и группа пациентов, и группа контроля имели 100% частоту аллели G, при том, что частота встречаемости сколиоза среди китайцев не выше, чем в других макропопуляциях, как Азии, так и Европы с Америкой. Аналогичная ситуация случается и с некоторыми другими локусами, частоты аллелей риска которых достигают 80–90 и более процентов. Понятно, что если бы мы разрабатывали тест-систему для китайцев, то этот маркер был бы исключен из списка. Вопрос, что считать аллелью риска в той или иной популяции, очень часто вставал при анализе данных проекта «1000 геномов», потому что частоты аллелей риска многих локусов превышали 70–80%. Это означает, что большинство особей в популяции являются носителями таких аллелей и должны страдать сколиозом. Это, разумеется, не так, хотя при исследованиях в группах пациентов со сколиозом частоты этих аллелей были достоверно выше, чем в контрольных группах.

При привлечении проекта «1000 геномов» в настоящий анализ нас интересовала возможность использовать этот пул данных в качестве «контрольной группы» при популяционных исследованиях, поскольку было заявлено, что в выборку проекта попали участники без видимых внешних признаков каких-либо заболеваний и которые заявили о себе, что они здоровы. Но при анализе данных по частотам аллелей полиморфных локусов, связанных с проявлением сколиоза, стало очевидным, что использовать их в качестве контроля некорректно. Поэтому, в дальнейших исследованиях с помощью создаваемого ДНК-микрочипа будут формироваться адекватные контрольные группы.

Для каждой локальной популяции характерны свои частоты встречаемости аллелей конкретных однонуклеотидных полиморфных локусов, и эти частоты могут сильно отличаться от соседних популяций. Как пример, по нескольким локусам была статистически достоверно показана их связь со сколиозом в китайской популяции, однако в японской популяции такой связи выявлено не было. Поэтому, исследуя выборку пациентов из Китая, некорректно было бы сравнивать частоты аллелей в ней с частотами, обобщенными для всей восточноазиатской популяции.

Население Сибирского федерального округа Российской Федерации характеризуется неоднородностью своего состава в первую очередь из-за различного происхождения популяций, составляющих это население. Наряду с автохтонными наро-

дами, в основном восточноазиатского и североазиатского происхождения, такими как тувинцы, хакасы, буряты, ханты, якуты, Сибирь населяют многочисленные выходцы славянского происхождения из южной, центральной и северной частей России, активно переселявшиеся сюда в последние 100–150 лет. Кроме этого, в сибирском регионе длительное время (300 и более лет) проживают достаточно закрытые локальные популяции русских, происходящие от ограниченного числа родоначальников.

В последние десятилетия в Сибирь мигрировали значительные количества выходцев из Центральной Азии, Китая, Кавказа и Западных регионов России и Украины. На территории Сибири сложилась своего рода уникальная ситуация из-за смешивания разных рас и народов. Это также накладывает ограничения на использование данных по частотам аллелей из проекта «1000 геномов» в качестве группы сравнения при исследовании геномов пациентов из сибирского региона.

Составленный список потенциальных маркеров сколиоза будет использован для создания тест-системы на основе микрочиповой технологии. По результатам испытаний ДНК-микрочипа какие-то маркеры из этого списка вполне возможно будут исключены, а какие-то добавлены. Создаваемый нами ДНК-микрочип будет использован не только для исследовательских целей, но и как инструмент для анализа геномов с целью выявления маркеров, ассоциированных с идиопатическим сколиозом для расчета рисков возникновения заболевания и выбора стратегии лечения.

### Список литературы

1. Кузнецов С.Б., Михайловский М.В., Садовой М.А., и др. Генетические маркеры идиопатического и врожденного сколиозов и диагноз предрасположенности к заболеванию // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 1. С. 27–35.
2. Кузнецов С.Б., Михайловский М.В. Анализ генетических маркеров и обоснование их использования в определении предрасположенности к идиопатическому сколиозу (Обзор литературы) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10–4. С. 554–561.
3. Mao S., Xu L., Zhu Z., Qian B., Qiao J., Yi L., Qiu Y. Association between genetic determinants of peak height velocity during puberty and predisposition to adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 May 20; 38(12):1034–9. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318287fcfd.
4. Jianhua Zhao, Mingyao Li, Jonathan P Bradfield, Zhang H., Mentch F.D., Wang K., Sleiman P.M., Kim C.E., Glessner J.T., Hou C., Keating B.J., Thomas K.A., Garris M.L., Deliard S., Frackelton E.C., Otieno F.G., Chiavacci R.M., Berkowitz R.I., Hakonarson H., Grant S.F. The role of height-associated loci identified in genome wide association studies in the determination of pediatric stature. *BMC Med Genet*. 2010; 11: 96. Published online 2010 Jun 14. DOI: 10.1186/1471-2350-11-96.
5. Lanktree, Yiran Guo, Muhammed Murtaza, Glessner J.T., Bailey S.D., Onland-Moret N.C., Lettre G., Ongen H., Rajagopalan R., Johnson T., Shen H., Nelson C.P., Klopp N., Baumert J., Padmanabhan S., Pankratz N., Pankow J.S., Shah S., Taylor K.,

Barnard J., Peters B.J., Maloney C.M., Lohmeyer M.T., Stanton A., Zafarmand M.H., Romaine S.P., Mehta A., van Iperen E.P., Gong Y., Price T.S., Smith E.N., Kim C.E., Li Y.R., Asselbergs F.W., Atwood L.D., Bailey K.M., Bhatt D., Bauer J., Behr E.R., Bhangale T., Boer J.M., Boehm B.O., Bradfield J.P., Brown M., Braund P.S., Burton P.R., Carty C., Chandrupatla H.R., Chen W., Connell J., Dalgeorgou C., Boer Ad., Drenos F., Elbers C.C., Fang J.C., Fox C.S., Frackelton E.C., Fuchs B., Furlong C.E., Gibson Q., Gieger C., Goel A., Grobbee D.E., Hastie C., Howard P.J., Huang G.H., Johnson W.C., Li Q., Kleber M.E., Klein B.E., Klein R., Kooperberg C., Ky B., Lacroix A., Lanken P., Lathrop M., Li M., Marshall V., Melander O., Mentch F.D., Meyer N.J., Monda K.L., Montpetit A., Murugesan G., Nakayama K., Nondahl D., Onipinla A., Rafelt S., Newhouse S.J., Otieno F.G., Patel S.R., Putt M.E., Rodriguez S., Safa R.N., Sawyer D.B., Schreiner P.J., Simpson C., Sivapalaratnam S., Srinivasan S.R., Suver C., Swergold G., Sweitzer N.K., Thomas K.A., Thorand B., Timpson N.J., Tischfield S., Tobin M., Tomaszewski M., Verschuren W.M., Wallace C., Winkelmann B., Zhang H., Zheng D., Zhang L., Zmuda J.M., Clarke R., Balmford A.J., Danesh J., Day I.N., Schork N.J., de Bakker P.I., Delles C., Duggan D., Hingorani A.D., Hirschhorn J.N., Hofker M.H., Humphries S.E., Kivimaki M., Lawlor D.A., Kottke-Marchant K., Mega J.L., Mitchell B.D., Morrow D.A., Palmen J., Redline S., Shields D.C., Shuldiner A.R., Sleiman P.M., Smith G.D., Farrall M., Jamshidi Y., Christiani D.C., Casas J.P., Hall A.S., Doevendans P.A., Christie J.D., Berenson G.S., Murray S.S., Illig T., Dorn G.W 2nd., Cappola T.P., Boerwinkle E., Sever P., Rader D.J., Reilly M.P., Caulfield M., Talmud P.J., Topol E., Engert J.C., Wang K., Dominiczak A., Hamsten A., Curtis S.P., Silverstein R.L., Lange L.A., Sabatine M.S., Trip M., Saleheen D., Peden J.F., Cruickshanks K.J., März W., O'Connell J.R., Klungel O.H., Wijmenga C., Maitland-van der Zee A.H., Schadt E.E., Johnson J.A., Jarvik G.P., Papanicolaou G.J.; Hugh Watkins on behalf of PROCARDIS, Grant S.F., Munroe P.B., North K.E., Samani N.J., Koenig W., Gaunt T.R., Anand S.S., van der Schouw Y.T.; Meena Kumari on behalf of the Whitehall II Study and the WHII 50K Group, Soranzo N., Fitzgerald G.A., Reiner A., Hegele R.A., Hakonarson H., Keating B.J. Meta-analysis of Dense Genecentric Association Studies Reveals Common and Uncommon Variants Associated with Height. *Am J Hum Genet*. 2011 Jan 7; 88(1): 6–18. DOI: 10.1016/j.ajhg.2010.11.007.

6. Shu-Feng Lei, Tie-Lin Yang, Li-Jun Tan, Chen X.D., Guo Y., Guo Y.F., Zhang L., Liu X.G., Yan H., Pan F., Zhang Z.X., Peng Y.M., Zhou Q., He L.N., Zhu X.Z., Cheng J., Liu Y.Z., Papasian C.J., Deng H.W. Genome-wide association scan for stature in Chinese: evidence for ethnic specific loci. *Hum Genet*. 2009 Feb; 125(1): 1–9. Published online 2008 Nov 23. DOI: 10.1007/s00439-008-0590-9.

7. Gao W., Peng Y., Liang G., Liang A., Ye W., Zhang L., Sharma S., Su P., Huang D. Association between common variants near LBX1 and adolescent idiopathic scoliosis replicated in the Chinese Han population. *PLoS One*. 2013;8(1):e53234. DOI: 10.1371/journal.pone.0053234.

8. Atsushi Miyake, Ikuyo Kou, Yohei Takahashi, Johnson T.A., Ogura Y., Dai J., Qiu X., Takahashi A., Jiang H., Yan H., Kono K., Kawakami N., Uno K., Ito M., Minami S., Yanagida H., Taneichi H., Hosono N., Tsuji T., Suzuki T., Sudo H., Kotani T., Yonezawa I., Kubo M., Tsunoda T., Watanabe K., Chiba K., Toyama Y., Qiu Y., Matsumoto M., Ikegawa S. Identification of a Susceptibility Locus for Severe Adolescent Idiopathic Scoliosis on Chromosome 17q24.3. *PLoS One*. 2013; 8(9): e72802. Published online 2013 Sep 4. DOI: 10.1371/journal.pone.0072802.

9. Cao Y., Min J., Zhang Q., Li H., Li H. Associations of LBX1 gene and adolescent idiopathic scoliosis susceptibility: a meta-analysis based on 34,626 subjects. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016 Jul 22;17:309. DOI: 10.1186/s12891-016-1139-z.

10. Zhu Z., Tang N.L., Xu L., Qin X., Mao S., Song Y., Liu L., Li F., Liu P., Yi L., Chang J., Jiang L., Ng B.K., Shi B., Zhang W., Qiao J., Sun X., Qiu X., Wang Z., Wang F., Xie D., Chen L., Chen Z., Jin M., Han X., Hu Z., Zhang Z., Liu Z., Zhu F., Qian B.P., Yu Y., Wang B., Lee K.M., Lee W.Y., Lam T.P., Qiu Y., Cheng J.C. Genome-wide association study identifies new susceptibility loci for adolescent idiopathic scoliosis in Chinese girls. *Nat Commun*. 2015 Sep 22;6:8355. DOI: 10.1038/ncomms9355.

11. Grauers A., Wang J., Einarssdottir E., Simony A., Danielsson A., Akesson K., Ohlin A., Hallidin K., Grabowski P., Tenne M., Laivuori H., Dahlman I., Andersen M., Christensen S.B., Karlsson M.K., Jiao H., Kere J., Gerdhem P. Candi-

- date gene analysis and exome sequencing confirm LBX1 as a susceptibility gene for idiopathic scoliosis. *Spine J*. 2015 Oct 1;15(10):2239-46. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.05.013.
12. Takahashi Y., Kou I., Takahashi A., Johnson T.A., Kono K., Kawakami N., Uno K., Ito M., Minami S., Yanagida H., Taneichi H., Tsuji T., Suzuki T., Sudo H., Kotani T., Watanabe K., Chiba K., Hosono N., Kamatani N., Tsunoda T., Toyama Y., Kubo M., Matsumoto M., Ikegawa S. A genome-wide association study identifies common variants near LBX1 associated with adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Genet*. 2011 Oct 23; 43(12):1237-40. DOI: 10.1038/ng.974.
13. Chen S., Zhao L., Roffey D.M., Phan P., Wai E.K. Association of rs1190870 near LBX1 with adolescent idiopathic scoliosis in East Asians: a systematic review and meta-analysis. *Spine J*. 2014 Dec 1;14(12):2968-75. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.05.019.
14. Chettier R., Nelson L., Ogilvie J.W., Albertsen H.M., Ward K. Haplotypes at LBX1 have distinct inheritance patterns with opposite effects in adolescent idiopathic scoliosis. *PLoS One*. 2015 Feb 12; 10(2):e0117708. DOI: 10.1371/journal.pone.0117708. eCollection 2015.
15. Kristen Fay Gorman, Cédric Julien, and Alain Moreau. The genetic epidemiology of idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2012 Oct; 21(10): 1905-1919. Published online 2012 Jun 14. DOI: 10.1007/s00586-012-2389-6.
16. Yu Zhang, Zuchao Gu, and Guixing Qiu. The Association Study of Calmodulin 1 Gene Polymorphisms with Susceptibility to Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Biomed Res Int*. 2014; 2014: 168106. Published online 2014 Jan 16. DOI: 10.1155/2014/168106.
17. Rajasekaran S., Kanna R.M., Senthil N., Raveendran M., Ranjani V., Cheung K.M., Chan D., Kao P.Y., Yee A., Shetty A.P. Genetic susceptibility of lumbar degenerative disc disease in young Indian adults. *Eur Spine J*. 2015 Sep;24(9):1969-75. DOI: 10.1007/s00586-014-3687-y.
18. Zhao D., Qiu G.X., Wang Y.P., Zhang J.G., Shen J.X., Wu Z.H. Association between adolescent idiopathic scoliosis with double curve and polymorphisms of calmodulin 1 gene/estrogen receptor- $\alpha$  gene. *Orthop Surg*. 2009 Aug;1(3):222-30. DOI: 10.1111/j.1757-7861.2009.00038.x.
19. Zhao D., Qiu G.X., Wang Y.P., Zhang J.G., Shen J.X., Wu Z.H., Wang H. Association of calmodulin1 gene polymorphisms with susceptibility to adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Surg*. 2009 Feb;1(1):58-65. DOI: 10.1111/j.1757-7861.2008.00011.x.
20. Zhao D., Qiu G.X., Wang Y.P. Is calmodulin 1 gene/estrogen receptor-alpha gene polymorphisms correlated with double curve pattern of adolescent idiopathic scoliosis? *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2008 Sep 16;88(35):2452-6.
21. Zhou S., Qiu X.S., Zhu Z.Z., Wu W.F., Liu Z., Qiu Y. A single-nucleotide polymorphism rs708567 in the IL-17RC gene is associated with a susceptibility to and the curve severity of adolescent idiopathic scoliosis in a Chinese Han population: a case-control study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012 Sep 21;13:181. DOI: 10.1186/1471-2474-13-181.
22. Zhou S., Zhu Z., Qiu X., Wu W., Wang W., Liu Z., Lv F., Qiu Y. Association study of IL17RC, CHL1, DSCAM and CNTNAP2 genes polymorphisms with adolescent idiopathic scoliosis susceptibility in a Chinese Han population. *Stud Health Technol Inform*. 2012;176:47-51.
23. Andriy Noshchenko, Lilian Hoffecker, Emily M. Lindley, Burger E.L., Cain C.M., Patel V.V., Bradford A.P. Predictors of spine deformity progression in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review with meta-analysis. *World J Orthop*. 2015 Aug 18; 6(7): 537-558. Published online 2015 Aug 18. DOI: 10.5312/wjo.v6.i7.537.
24. Bae J.W., Cho C.H., Min W.K., Kim U.K. Associations between matrilin-1 gene polymorphisms and adolescent idiopathic scoliosis curve patterns in a Korean population. *Mol Biol Rep*. 2012 May; 39(5):5561-7. DOI: 10.1007/s11033-011-1360-7.
25. Peng Y., Liang G., Pei Y., Ye W., Liang A., Su P. Genomic polymorphisms of G-protein estrogen receptor 1 are associated with severity of adolescent idiopathic scoliosis. *Int Orthop*. 2012 Mar;36(3):671-7. DOI: 10.1007/s00264-011-1374-8.
26. Ogura Y., Takahashi Y., Kou I., Nakajima M., Kono K., Kawakami N., Uno K., Ito M., Minami S., Yanagida H., Taneichi H., Yonezawa I., Tsuji T., Suzuki T., Sudo H., Kotani T., Watanabe K., Chiba K., Toyama Y., Matsumoto M., Ikegawa S. A replication study for association of 5 single nucleotide polymorphisms with curve progression of adolescent idiopathic scoliosis in Japanese patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Apr 1;38(7):571-5. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182761535.
27. Zhang H.Q., Lu S.J., Tang M.X., Chen L.Q., Liu S.H., Guo C.F., Wang X.Y., Chen J., Xie L. Association of estrogen receptor beta gene polymorphisms with susceptibility to adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Apr 15;34(8):760-4. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31818ad5ac.
28. Takahashi Y., Matsumoto M., Karasugi T., Watanabe K., Chiba K., Kawakami N., Tsuji T., Uno K., Suzuki T., Ito M., Sudo H., Minami S., Kotani T., Kono K., Yanagida H., Taneichi H., Takahashi A., Toyama Y., Ikegawa S. Replication study of the association between adolescent idiopathic scoliosis and two estrogen receptor genes. *J Orthop Res*. 2011 Jun; 29(6):834-7. DOI: 10.1002/jor.21322. Epub 2010 Dec 23.
29. Kotwicki T., Janusz P., Andrusiewicz M., Chmielewska M., Kotwicka M. Estrogen receptor 2 gene polymorphism in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014 Dec 15;39(26):E1599-607. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000643.
30. Zhao L., Roffey D.M., Chen S. Association between the Estrogen Receptor Beta (ESR2) Rs1256120 Single Nucleotide Polymorphism and Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Oct 17. [Epub ahead of print].
31. Whittock N.V., Sparrow D.B., Wouters M.A., Silence D., Ellard S., Dunwoodie S.L., Turnpenny P.D. Mutated MESP2 causes spondylocostal dysostosis in humans. *Am J Hum Genet*. 2004 Jun;74(6):1249-54. Epub 2004 Apr 30.
32. Cornier A.S., Staehling-Hampton K., Delventhal K.M., Saga Y., Caubet J.F., Sasaki N., Ellard S., Young E., Ramirez N., Carlo S.E., Torres J., Emans J.B., Turnpenny P.D., Pourquie O. Mutations in the MESP2 gene cause spondylocostal dysostosis/Jarcho-Levin syndrome. *Am J Hum Genet*. 2008 Jun;82(6):1334-41. DOI: 10.1016/j.ajhg.2008.04.014.
33. Clough M., Justice C.M., Marosy B., Miller N.H. Males with familial idiopathic scoliosis: a distinct phenotypic subgroup. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Jan 15;35(2):162-8. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b7f1a7.
34. Swarkar Sharma, Xiaochong Gao, Douglas Londono, Devroy S.E., Mauldin K.N., Frankel J.T., Brandon J.M., Zhang D., Li Q.Z., Dobbs M.B., Gurnett C.A., Grant S.F., Hakonarson H., Dormans J.P., Herring J.A., Gordon D., Wise C.A. Genome-wide association studies of adolescent idiopathic scoliosis suggest candidate susceptibility genes. *Hum. Mol. Genet*. (2011) 20 (7): 1456-1466. DOI: 10.1093/hmg/ddq571.
35. Wu W., Zhu Z., Mao S., Qiu X., Qian B., Liu Z., Qiu Y. Lack of association between DSCAM gene polymorphisms and adolescent idiopathic scoliosis susceptibility in a Chinese Han population. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2015;28(4):681-7. DOI: 10.3233/BMR-140567.
36. Liu Z., Wang F., Xu L.L., Sha S.F., Zhang W., Qiao J., Bao H.D., Qiu Y., Jiang Q., Zhu Z.Z. Polymorphism of rs2767485 in Leptin Receptor Gene is Associated with the Occurrence of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015 Oct 15;40(20):1593-8. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001095.
37. Ogura Y., Kou I., Miura S., Takahashi A., Xu L., Takekida K., Takahashi Y., Kono K., Kawakami N., Uno K., Ito M., Minami S., Yonezawa I., Yanagida H., Taneichi H., Zhu Z., Tsuji T., Suzuki T., Sudo H., Kotani T., Watanabe K., Hosogane N., Okada E., Iida A., Nakajima M., Sudo A., Chiba K., Hiraki Y., Toyama Y., Qiu Y., Shukunami C., Kamatani Y., Kubo M., Matsumoto M., Ikegawa S. A Functional SNP in BNC2 Is Associated with Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Am J Hum Genet*. 2015 Aug 6;97(2):337-42. DOI: 10.1016/j.ajhg.2015.06.012. Epub 2015 Jul 23.
38. Xu L., Huang S., Qin X., Mao S., Qiao J., Qian B.P., Qiu Y., Zhu Z. Investigation of the 53 Markers in a DNA-Based Prognostic Test Revealing New Predisposition Genes for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015 Jul 15;40(14):1086-91. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000900.
39. Huang D.S., Liang G.Y., Su P.Q. Association of matrix metalloproteinase 9 polymorphisms with adolescent idiopathic scoliosis in Chinese Han female. *Zhonghua Yi Xue Yi Chuan Xue Za Zhi*. 2011 Oct;28(5):532-5. DOI: 10.3760/cma.j.isn.1003-9406.2011.05.013.
40. Erin E. Baschal, Cambria I. Wethey, Kandice Swindle, Baschal R.M., Gowan K., Tang N.L., Alvarado D.M., Haller G.E., Dobbs M.B., Taylor M.R., Gurnett C.A., Jones K.L., Miller N.H. Exome Sequencing Identifies a Rare HSPG2 Variant Associated with Familial Idiopathic Scoliosis. *G3 (Bethesda)*. 2015 Feb; 5(2): 167-174. Published online 2014 Dec 12. DOI: 10.1534/g3.114.015669.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 613.16

**ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ РАЗВИТИЕ  
МЕТЕОТРОПНЫХ РЕАКЦИЙ****Яковлев М.Ю., Салтыкова М.М., Банченко А.Д., Федичкина Т.П.,****Нагорнев С.Н., Худов В.В., Балакаева А.В., Бобровницкий И.П.***ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками  
здоровью» Минздрава России, Москва, e-mail: HMI81@mail.ru*

В статье представлен обзор основных механизмов, обуславливающих развитие физиологических реакций организма человека на изменение погодных условий. Проанализировано влияние таких факторов, как температура окружающего воздуха (влияние жары и холода), колебания атмосферного давления, влажности, солнечной активности, геомагнитного поля и электрического состояния атмосферы. Показано, что как значительное превышение комфортных значений температуры окружающего воздуха, так и ее значительное снижение увеличивают нагрузку, прежде всего на сердечно-сосудистую систему, и напряженная адаптация к изменению погодных условий может индуцировать окислительный стресс. Изменение состояния электрического поля атмосферы может влиять на самочувствие людей посредством механизмов, обусловленных динамикой концентрации легких отрицательных аэроионов, вызванной собственно электрическими процессами в тропосфере или изменением концентрации аэрозолей в воздухе. Кроме того, поскольку при изменении абсолютной влажности и атмосферного давления ионизация воздуха также может меняться, то эти же механизмы могут в какой-то степени обуславливать и чувствительность к перепадам атмосферного давления и влажности. В заключение отмечается, что метеочувствительность, которая сопровождается такими симптомами, как головные боли, повышенная возбудимость, бессонница, депрессия, ревматоидные боли, является следствием сниженных адаптационных резервов организма.

**Ключевые слова:** метеофакторы, метеочувствительность, адаптационные резервы организма, механизмы адаптации, сердечно-сосудистые заболевания, терморегуляция, окислительный стресс

**BASIC MECHANISMS CORRESPONDING DEVELOPMENT  
OF METEOTROPIC REACTIONS AND USE OF CLIMATE  
PROCEDURES OF PREVENTIVE DIRECTION****Yakovlev M.Yu., Saltykova M.M., Banchenko A.D., Fedichkina T.P.,****Nagornev S.N., Khudov V.V., Balakaeva A.V., Bobrovniitskiy I.P.***Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: HMI81@mail.ru*

The article presents an overview of the main mechanisms that determine the development of physiological reactions of the human body to changing weather conditions. The influence of such factors as the temperature of the ambient air (the effect of heat and cold), fluctuations in atmospheric pressure, humidity, solar activity, the geomagnetic field, and the electrical state of the atmosphere are analyzed. It is shown that both a significant increase in the ambient air temperature above comfort values and its significant decrease increase the load on the cardiovascular system, and a urgent adaptation to changes in weather conditions can induce oxidative stress. The change in the state of the atmospheric electric field can affect people's health by means of mechanisms caused by the changes in concentration of light negative air ions due to the electrical processes in the troposphere proper or changes in the concentration of aerosols in the air. In addition, since the change in absolute humidity and atmospheric pressure can also change the ionization of air, the same mechanisms can determine the sensitivity to fluctuations in atmospheric pressure and humidity. In conclusion, it is noted that meteorosensitivity accompanied by symptoms such as headaches, irritability, increased excitability, insomnia, depression, rheumatoid pain, is a consequence of reduced adaptive reserves of the body.

**Keywords:** medical prevention, meteorofactors, meteorosensitivity, adaptive body reserves, adaptation mechanisms, cardiovascular diseases, thermoregulation, oxidative stress, climatotherapy

Метеотропные реакции – это физиологические реакции организма человека на влияние собственно метеорологических факторов. Здоровые люди легко переносят изменения погоды, адаптивные физиологические механизмы позволяют им приспосабливаться без заметных расстройств к любым метеоусловиям, вместе с тем снижение эффективности этих механизмов приводит к возникновению различных патологических реакций. В большинстве случаев они

непродолжительны и сопровождаются такими симптомами, как головные боли, раздражительность, повышенная возбудимость, бессонница, депрессия, ревматоидные боли и др. Развитие таких ответных реакций на влияние погоды чаще всего обозначают как метеочувствительность. Во многих исследованиях показано, что существует достоверная связь между обострением ряда патологических состояний и изменениями погодных условий [1–3].

В большинстве публикаций выделяют следующие основные погодные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека: температура окружающей среды, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, солнечная активность, геомагнитная активность и атмосферное электрическое поле [4, 5]. Помимо этих факторов анализируется влияние сезонов года и состояния окружающей среды [6]. Несмотря на многолетнюю историю изучения метеочувствительности, физиологические механизмы воздействия погоды на человека остаются не до конца ясными. Наиболее изучены механизмы влияния на организм человека температуры окружающего воздуха.

На увеличение температуры окружающей среды реагируют тепловые терморепцепторы кожи, импульсы от них поступают в центры терморегуляции, расположенные в гипоталамусе, которые в свою очередь запускают каскад реакций, индуцирующих кожную вазодилатацию и потоотделение. Возрастание кожного кровотока увеличивает теплоотдачу во внешнюю среду и обеспечивает потовые железы кислородом и жидкостью для выделения пота. Потоотделение – это самый эффективный механизм срочной адаптации к высокой температуре окружающей среды, который позволяет за счет интенсивного испарения пота с кожи (до 3 кг/ч) значительно увеличить выделение тепла из организма. Однако с потом, помимо воды, организм теряет и электролиты (до 10–30 г хлористого натрия в день), что индуцирует интенсивный переход жидкости в кровяное русло для компенсации потери на потоотделение. Перераспределение жидкости стимулирует почки к усилению ретенции солей и воды. Дилатация кожных сосудов (прежде всего открытие артериовенозных анастомозов) обуславливает реакцию, индуцирующую увеличение объема циркулирующей крови, при этом в норме артериальное давление не изменяется или несколько снижается, а частота сердечных сокращений увеличивается. Кровоток во внутренних органах (печень и почки) может снижаться [7].

При недостаточности адаптационных механизмов, направленных на поддержание объема плазмы крови и ее электролитного состава, или при интенсивном и длительном потоотделении наблюдается уменьшение объема циркулирующей крови и существенное снижение артериального давления. В связи с этим при срочной адаптации к повышению температуры основная нагрузка ложится на сердечно-сосудистую систему, которая, при наличии функциональных на-

рушений может не справиться с возросшими потребностями. Поэтому в жаркую погоду, особенно в периоды «волн жары» (нескольких последовательных аномально жарких дней), в наибольшей степени страдают пациенты с болезнями системы кровообращения, адаптивные резервы у которых оказываются недостаточными.

Кроме того, перераспределение крови, направленное на значительное увеличение кожного кровотока и уменьшение кровотока во внутренних органах – органах с высоким уровнем обменных процессов, с одной стороны, приводит к увеличению теплоотдачи с поверхности тела, а с другой – к уменьшению теплопродукции внутренними органами при их сниженном кровоснабжении. Вместе с тем уменьшение кровотока в органах с высоким метаболизмом, особенно у больных с атеросклерозом или заболеваниями печени и почек может индуцировать их гипоксию. Во многих исследованиях показано, что при напряженной адаптации, видимо, вследствие возникающей гипоксии индуцируется окислительный стресс [8–11], который характеризуется накоплением высокотоксичных продуктов свободнорадикального окисления в крови и тканях вследствие усиленного генерирования активных форм кислорода (АФК) и/или подавления активности утилизирующих АФК антиоксидантных ферментов. В исследовании М.Д. Смирновой с соавторами [9] отмечено, что летняя жара провоцирует развитие окислительного стресса у 2/3 больных сердечно-сосудистыми заболеваниями. У них увеличивается содержание продуктов перекисного окисления липидов в отсутствие изменений активности фермента, утилизирующего активные формы кислорода [10]. Кроме того, у этих же пациентов отмечена большая частота развития сердечно-сосудистых осложнений, включая гипертонические кризы, по сравнению с пациентами с большей активностью антиоксидантной системы. При этом показано, что использование антигипоксантов и антиоксидантов позволяет улучшить переносимость летней жары пациентами с сердечно-сосудистыми заболеваниями [11].

На снижение температуры окружающей среды ниже комфортной реагируют холодные терморепцепторы кожи, импульсы от них поступают в центр терморегуляции в гипоталамусе, который, в свою очередь, запускает каскад реакций, индуцирующих кожную вазоконстрикцию и увеличение теплопродукции. Основное увеличение теплопродукции достигается за счет сократительной деятельности мышц (дрожь и терморегуляционный мышечный тонус),

разобщения окисления и фосфорилирования, а также снижения эффективности клеточных насосов (АТФаз), что стимулируется норадреналином и тиреоидными гормонами и сопровождается увеличением потребления кислорода и энергетических субстратов. При длительной адаптации к холоду увеличивается количество и активность митохондрий для обеспечения возросшего потребления АТФ. Подробный анализ основных механизмов адаптации к холоду сделан в обзоре [12]. Органами, дающими основной вклад в теплопродукцию при адаптации человека к холоду, являются скелетные мышцы и, в меньшей степени, печень. Увеличение активности митохондрий при холодовой адаптации приводит к усилению генерации активных форм кислорода, поскольку митохондрии являются одним из основных источников АФК в физиологических условиях. На уровне организма систематическое холодное воздействие вызывает стимуляцию собственных защитных ресурсов посредством усиления окислительных процессов, которые, в свою очередь, инициируют активацию антиоксидантной системы и повышают общую устойчивость организма к стрессовым факторам различной природы. Однако при недостаточности адаптационного потенциала, например при болезнях системы кровообращения, усилении кровотока для обеспечения кровоснабжения активно работающих (производящих тепло) органов лимитируется сердечно-сосудистой системой, недостаточный ее потенциал может обуславливать гипоксию и чрезмерное увеличение АФК. Мобилизация антиоксидантной системы при этом также может быть недостаточной, что в свою очередь будет приводить к окислительному стрессу, усилению перекисного окисления липидов и обострению заболевания. Во многих исследованиях показано, что окислительный стресс является этиологическим и патогенетическим фактором риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы [13, 14].

Среди неблагоприятных погодных факторов, помимо жаркой и холодной погоды, выделяют значительные колебания атмосферного давления [15, 16], которые обычно связаны с крупномасштабными (синоптическими) циркуляционными процессами в атмосфере. В ходе этих процессов изменяется вся совокупность метеорологических элементов. В весенний период наблюдаются наибольшие различия между дневными и ночными значениями атмосферного давления, и потенциальная зависимость обострения некоторых болезней

системы кровообращения от резкого изменения атмосферного давления, видимо, может объяснить выявленный в исследовании К. Beseoglu с соавт. [17] весенний максимум смертности и количества обострений сосудистых заболеваний.

Еще одним погодным фактором, который, по мнению некоторых исследователей, оказывает существенное влияние на метеочувствительных людей, является влажность атмосферного воздуха [18–20]. P. Dilaveris с соавторами [18] установили, что среднемесячная смертность от инфаркта миокарда в Афинах является линейной функцией от среднемесячной относительной влажности (связь положительная) с максимальными значениями в зимние месяцы и минимальными в летние. Вместе с тем в средиземноморских странах высокая относительная влажность воздуха регистрируется в зимний период, а выявленная в работах [19] закономерность отражает установленный во многих исследованиях факт более высокой смертности зимой. При этом в странах с более холодным климатом в зимний период, когда наибольшее количество обострений болезней системы кровообращения, регистрируются низкие значения относительной и абсолютной влажности. В работах Б.Т. Величковского [20] показано, что значительное снижение абсолютной влажности воздуха в зимний период, обусловленное очень низкими значениями температуры атмосферного воздуха, приводит к снижению эффективности газообмена кислорода в органах дыхания. Кроме того, дыхание сухим воздухом может индуцировать повышение сосудистого сопротивления.

Разными исследователями было отмечено, что метеотропные реакции могут возникать за несколько дней до наступления неблагоприятных погодных условий. Это может быть обусловлено тем, что существенному изменению земной погоды обычно предшествуют изменения солнечной активности и сдвиги магнитной напряженности Земли.

В последние десятилетия был проведен ряд специальных исследований, направленных на анализ влияния космической погоды (гелио- и геомагнитной обстановки) на состояние здоровья.

Для характеристики солнечной активности обычно используют число Вольфа – индекс, характеризующий пятнообразовательную деятельность Солнца. Для характеристики геомагнитной обстановки используют X-, Y- и Z-компоненты вектора напряженности магнитного поля Земли, а также индексы геомагнитной активности, характеризующие вариации

магнитного поля Земли. Резкие изменения параметров геомагнитного поля Земли обычно называют геомагнитными возмущениями или бурями.

Как и при анализе влияния факторов земной погоды, результаты исследования влияния космической погоды на состояние здоровья весьма противоречивы. Анализ баз данных обращений за экстренной медицинской помощью [21–23] и наблюдения за больными в клиниках [21, 24] показали, что имеется достаточно широкий спектр реакций организма на изменение космической погоды. В исследованиях Ю.И. Гурфинкеля с соавторами [24] показано, что после магнитной бури образуются сгустки эритроцитов (сладжей) в микрососудах и отмечается ухудшение кровотока, которое приводит к развитию ишемии. В исследовании [22, 23] была показана положительная корреляционная связь между количеством обращений за экстренной медицинской помощью пациентов с болезнями системы кровообращения и уровнем геомагнитной активности (ГМА) и отмечено, что эта связь более выражена в зимние месяцы. В других исследованиях показано увеличение количества обострений болезней системы кровообращения как при очень высоких, так и при очень низких уровнях ГМА [23]. Вместе с тем Т. Messner с соавторами [25] не выявили достоверной статистической связи между геомагнитной активностью и количеством инфарктов миокарда в северных районах Швеции. При этом изменения геомагнитной активности в полярных районах наибольшие [26].

Механизмы действия геомагнитного поля и солнечной активности на организмы человека и животных не выяснены. Существенная проблема связана с парадоксальностью биологического действия слабых низкочастотных магнитных полей (каким является и геомагнитное поле), энергия которых много меньше характерной энергии биохимических превращений [27]. Тем не менее в биологических и медицинских исследованиях показано достоверное влияние слабых магнитных полей на организм человека [22, 27, 28]. В биофизических исследованиях наиболее часто обсуждаются гипотетические молекулярные механизмы магниторецепции, рассматривающие влияние магнитного поля на скорость реакций с участием спин-коррелированных пар радикалов; квантовые вращения молекулярных групп внутри белков, а также изменения свойств жидкой воды в магнитном поле [21, 27]. В медико-биологических исследованиях наиболее часто обсуждается роль мелатонина [21, 29]. В исследованиях,

проведенных на людях в условиях Крайнего Севера, показана прямая корреляционная зависимость между колебаниями электромагнитного поля Земли (Кр–индекс) и суточным ритмом секреции мелатонина, определяемым по его концентрации в слюне [29]. В исследованиях под руководством С.И. Рапопорта [3, 23] было показано, что у пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы в периоды геомагнитных возмущений и магнитных бурь отмечается достоверное подавление продукции мелатонина. При этом добавление мелатонина (3–6 мг в 22.00) к традиционной терапии снижало риск развития сердечно-сосудистых осложнений.

Еще одним фактором, потенциально обуславливающим метеочувствительность организма, может быть изменение электрического поля атмосферы (ЭПА). В районах ясной безоблачной погоды ЭПА направлено вниз, к земле, и его напряженность составляет около 1 В/м. Основными источниками ионизации воздуха являются космические лучи и излучения радиоактивных веществ, содержащихся в земной коре и атмосфере. Электрические характеристики приземного ЭПА определяются различными процессами: интенсивностью ионизации и перемешивания атмосферы, загрязненностью и увлажненностью воздуха (туман, дождь, снег), температурой и давлением воздуха, временем суток и временем года и др. В циклонических условиях погоды появление слоистой облачности верхнего и более низких ярусов, а также конвективной облачности индуцирует кардинальные изменения приземного электрического поля. Как правило, происходит переполюсовка (инверсия), в ходе которой поле становится направленным вверх, к нижней кромке облаков. Напряженность поля может увеличиваться до 2000 В/м и выше. Атмосферные ионы различаются по химической природе входящих в них молекул, массой и подвижностью. Подвижность отрицательных ионов, как правило, больше, чем положительных [30]. У земной поверхности над сушей концентрация тяжелых ионов значительно больше, чем легких. Это обусловлено тем, что в результате нормальных процессов ионизации создаются лишь легкие ионы, а тяжелые ионы могут образовываться лишь в случае присоединения легких к частицам аэрозоля, концентрация которого в нижних слоях воздуха больше. При запыленности воздуха вследствие увеличения числа взвешенных в атмосфере частиц число легких ионов убывает, а число тяжелых возрастает. Кроме того, concentra-

ции ионов могут меняться вследствие их переноса под действием электрических сил, а также диффузии от мест с большей концентрацией и их механического переноса с движущимися массами воздуха. Концентрация легких отрицательно заряженных аэроионов возрастает при прохождении теплых воздушных фронтов и снижается в холодных фронтальных массах воздуха. Летом лёгких ионов больше, чем зимой. Особенно их много после дождя. Во многих исследованиях показано, что увеличение концентрации легких отрицательных ионов положительно влияет на организм [31, 32]. Таким образом, изменение состояния электрического поля атмосферы может влиять на самочувствие людей посредством механизмов, обусловленных динамикой концентрации легких отрицательных аэроионов, вызванной собственно электрическими процессами в тропосфере или изменением концентрации аэрозолей в воздухе. Кроме того, поскольку при изменении абсолютной влажности и атмосферного давления ионизация воздуха также может меняться, то эти же механизмы могут в какой-то степени обуславливать и чувствительность к перепадам атмосферного давления и влажности.

В заключение необходимо отметить, что метео- и гелиогеофизические факторы вызывают ответные реакции в организме любого человека, однако их негативное влияние, которое обычно называется метеочувствительностью, в основном связано с пониженными адаптационными резервами организма.

### Список литературы

1. Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Бадалов Н.Г., Уянаева А.И., Татаринова Л.В. О влиянии системы времяисчисления на обращаемость за скорой медицинской помощью и субъективные показатели состояния здоровья населения в московском регионе // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2013. № 1. С. 15–27.
2. Разумов А.Н. Фундаментальные и прикладные аспекты современной концепции охраны здоровья // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017. № 1. С. 3–23.
3. Комаров Ф.И., Рапопорт С.И., Малиновская Н.К. Суточные ритмы в клинике внутренних болезней // *Клиническая медицина*. 2005. Т. 83, № 8. С. 8–12.
4. Карпов Ю.А., Булкина О.С., Лопухова В.В., Козловская И.Л. Влияние климатических и метеорологических факторов на течение ишемической болезни сердца // *Кардиологический вестник*. 2013. № 2. С. 41–48.
5. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д. Влияние погоды на пациентов с болезнями системы кровообращения: Главные направления исследований и основные проблемы // *Экология человека*. 2018. № 6. С. 43–51.
6. Рахманин Ю.А. Концептуальные и методологические аспекты гигиены как основы развития профилактического здравоохранения // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017. № 1. С. 57–78.
7. Карлыев К.М. Адаптация к высокой температуре // *Физиология адаптационных процессов*. М.: Наука, 1986. 635 с.
8. Меньщикова Е.Б., Зенков Н.К. Современные подходы при анализе окислительного стресса, или как измерить неизмеримое // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2016. Т. 1, № 3(109), Часть II. С. 174–180.
9. Смирнова М.Д., Агеев Ф.Т., Фофанова Т.В. Сердечно-сосудистые осложнения во время аномальной жары 2010 г. прогностические факторы развития // *Евразийский кардиологический журнал*. 2016. № 3. С. 157–158.
10. Смирнова М.Д., Коновалова Г.Г., Тихазе А.К., Осяева М.К., Свирида О.Н., Ратова Л.Г., Постнов А.Ю., Агеев Ф.Т., Ланкин В.З., Чазова И.Е. Влияние летней жары на показатели окислительного стресса у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями // *Кардиологический вестник*. 2013. № 1. С. 18–22.
11. Смирнова М.Д., Свирида О.Н., Вицера М.В., Тихазе А.К., Коновалова Г.Г., Ланкин В.З., Агеев Ф.Т. Использование милдроната для улучшения адаптации больных со средним и высоким риском сердечно-сосудистых осложнений к аномальным климатическим условиям (воздействию жары) // *Сердце: журнал для практикующих врачей*. 2013. Т. 12, № 3. С. 186–193.
12. Салтыкова М.М. Основные физиологические механизмы адаптации человека к холоду // *Российский физиологический журнал им. Сеченова*. 2017. Т. 103, № 2. С. 128–151.
13. Ланкин В.З., Тихазе А.К., Беленков Ю.Н. Свободнорадикальные процессы при заболеваниях сердечно-сосудистой системы // *Кардиология*. 2001. Т. 40, № 7. С. 48–61.
14. Heitzer Th., Schlinzig T., Krohn K. et al. Endothelial dysfunction, oxidative stress, and risk of cardiovascular events in patients with coronary artery disease. *Circulation*. 2001. № 104. P. 2673–2678.
15. Shaposhnikov D., Revich B., Gurfinkel Y., Naumova E. The influence of meteorological and geomagnetic factors on acute myocardial infarction and brain stroke in Moscow, Russia. *International of Journal Biometeorology*. 2014. V. 58. P. 799–808.
16. Honig A., Eliahou R., Pikkil Y.Y., Leker R.R. Drops in Barometric Pressure Are Associated with Deep Intracerebral Hemorrhage. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2016. V. 25. № 4. P. 872–876.
17. Beseoglu K., Hanggi D., Stummer W., Steiger H.J. Dependence of subarachnoid hemorrhage on climate conditions: a systematic meteorological analysis from the dusseldorf metropolitan area. *Neurosurgery*. 2008. V. 62. № 5. P.1033–1038.
18. Dilaveris P., Syntetos A., Giannopoulos G., Gialafos E., Pantazis A., Stefanadis C. Climate Impacts on Myocardial infarction deaths in the Athens Territory: the CLIMATE study. *Heart*. 2006. V. 92. P. 1747–1751.
19. Gill R S., Hambridge H.L., Schneider E.B., Hanff T., Tamargo R.J., Nyquis P. Falling Temperature and Colder Weather Are Associated with an Increased Risk of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *World Neurosurg*. 2013. V. 79. № 1. P. 136–142.
20. Величковский Б.Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в лёгких человека на Крайнем Севере // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2013. № 2. С. 97–101.
21. Palmer S.J., Rycroft M.J., Cermack M. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surv Geophys*. 2006. V. 27. P. 557–595.
22. Баженов А.А., Аверина А.С., Прикоп М.В. Влияние гелиогеофизических факторов на здоровье человека // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2016. № 6. С. 125–129.
23. Виллорези Дж. Бреус Т.К., Дорман Л.И., Ючи Н., Рапопорт С.И. Влияние межпланетных и геомагнитных возмущений на возрастание числа клинически тяжелых медицинских патологий (инфарктов миокарда и инсультов) // *Биофизика*. 1995. Т. 40. Вып. 5. С. 983–994.

24. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М.: Эльф-3, 2004. 168 с.
25. Messner T., Haggstrom I., Sandahl I., Lundberg V. No covariation between the geomagnetic activity and the incidence of acute myocardial infarction in the polar area of northern Sweden. *International Journal of Biometeorology*. 2002. V. 46. № 2. P. 90–94.
26. Самсонов С.Н., Манькина В.Н., Клейменова Н.Г., Паршина С.С., Петрова П.Г., Стрекаловская А.А. Геомагнитные пульсации и жизнь на Земле // Информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии: труды межд. конф. (Гурзуф, 02.06–12.06.2016 г.) / под. ред. проф. Е.Л. Глориозова. М.: ИНИТ, 2016. С. 299–307.
27. Бинги В.Н. Общие характеристики магнитобиологических явлений. В сборнике Влияние космической погоды на человека в космосе и на Земле // Труды Международной конференции ИКИ РАН (г. Москва, 4–8 июня 2012 г.) / Под ред. А.И. Григорьева, Л.М. Зелёного. В 2-х т. Т. 2. С. 484–507.
28. Бреус Т.К., Бинги В.Н., Петрукович А.А. Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы // УФН. 2016. Т. 186, № 5. С. 568–576.
29. Weydah A., Sothorn R.B., Cornelissen G., Wetterberg L. Geomagnetic activity influences the melatonin secretion at latitude 70 degrees N. *Biomed. Pharmacother.* 2001. V. 55. Suppl 1. P. 57s–62s.
30. Кашлева Л.В. Атмосферное электричество. СПб.: изд. РГГМУ, 2008. 116 с.
31. Шевченко Е.В., Коржув А.В. Исследование возможностей лечебного применения аэроионов в середине XX столетия: исторический обзор // Сибирский медицинский журнал. 2010. № 2. С. 136–138.
32. Дикова О.В. Отрицательные аэроионы кислорода в лечении экземы // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, № 1. С. 71–74.

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 376:37.043.2

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНКЛЮЗИВНОЙ ПРАКТИКИ  
В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ****Брагина Е.А., Белозерова Л.А.***ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»,  
Ульяновск, e-mail: bragina24@mail.ru*

В статье на основе обобщения научного и практического опыта, отраженного в публикациях, рассматриваются проблемы реализации инклюзивной практики на уровне начального общего образования. Показано, что инклюзивное обучение детей с ограниченными возможностями здоровья требует от педагога владения современными технологиями обучения и воспитания детей с любыми нарушениями, технологиями организации совместной и индивидуальной деятельности всех обучающихся в рамках структурированного урока, средствами альтернативной коммуникации. Эти условия реализации инклюзивного обучения осложняются тем, что в инклюзивном классе может быть несколько детей с разными нарушениями. Отмечается в связи с этим, что в ряде публикаций рассматривается инклюзивная компетентность современного педагога как часть его профессиональной компетентности, которую необходимо формировать уже на этапе вузовской подготовки. Сопоставление на основе публикаций инклюзивной практики на уровне дошкольного и начального образования позволяет отметить, что в дошкольном образовании существуют более благоприятные условия для ее успешной реализации. Делается вывод о том, что важнейшей проблемой инклюзивной практики в начальном образовании является недостаточная разработанность ее научно-методической основы и технологий ее реализации. Утверждается, что решение этой проблемы имеет основополагающее значение для преодоления скептического отношения к образовательной инклюзии.

**Ключевые слова:** дети с ОВЗ, инклюзивное обучение, технологии инклюзивного обучения, инклюзивная компетентность, инклюзивная практика

**CURRENT ISSUES OF INCLUSIVE PRACTICE IN PRIMARY SCHOOL****Bragina E.A., Belozerova L.A.***Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov, Ulyanovsk, e-mail: bragina24@mail.ru*

The article deals with the challenges in implementing of inclusive practices at the level of primary education based on scientific and practical experience reflected in the publications. It is shown that inclusive education of children with disabilities demands from the teacher such competences as possession of modern technologies of training and education of children with any disorders, technologies of organization of joint and individual activities of all students in a structured lesson, means of alternative communication. These conditions of the implementation of inclusive education are complicated by the fact that an inclusive classroom can embrace several children with different disabilities. It is noted in this regard that in a number of publications the inclusive competence of the modern teacher as part of his professional competence that should be formed at the stage of University training is considered. Comparison based on publications of inclusive practices at the preschool and primary levels allows to point out that there are more favorable conditions for its successful implementation in preschool education. It is concluded that the most important problem of inclusive practice in primary education is the lack of development of its scientific and methodological basis and technologies of its implementation. It is argued that the solution of this problem is fundamental in overcoming skepticism about educational inclusion.

**Keywords:** children with disabilities, inclusive education, inclusive practice, inclusive learning technologies, inclusive competence

Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ [1] закрепил возможность инклюзивного образования для лиц с особыми образовательными потребностями на всех уровнях образования. В стране расширяется инклюзивная практика, появляется необходимость «осмысления и практического воплощения ценностей инклюзии в реальной педагогической практике от детского сада до вуза» [2, с. 13]. Отметим, что в России инклюзивная практика сориентирована, прежде всего, на образование детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Проблемы, связанные с обучением, например, детей иммигран-

тов, в научной литературе обсуждаются существенно реже.

Актуальность настоящего исследования определяется необходимостью систематизации и обобщения основных трудностей и противоречий, возникающих в инклюзивном начальном образовании.

В данной статье мы поставили цель на основе обобщения опыта педагогов, дефектологов, руководителей образовательных организаций (далее ОО) и других специалистов рассмотреть некоторые проблемы в практической реализации образовательной инклюзии на уровне начального образования. Понимая принципиальное значение решения вопросов, связанных с материаль-

но-техническим обеспечением и оснащением образовательных организаций, созданием «безбарьерной» образовательной среды для эффективности инклюзивной практики, мы тем не менее сосредоточились на рассмотрении проблем, возникающих в практической педагогической деятельности педагогов инклюзивных ОО [2–4].

Как отмечается в ряде публикаций, серьезные затруднения в реализации инклюзивного обучения в школе связаны с недостаточным нормативным регулированием численности обучающихся с различными вариантами нарушений в развитии в одном классе [5, 6]. Так, если в классе 2–3 ребенка с разными видами нарушений, то для каждого из них требуется разработка индивидуального учебного плана, адаптированной образовательной программы на основе рекомендаций психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). Дифференциация образовательных программ как условие образовательной инклюзии возможны только на основе владения педагогом целым рядом компетенций: владения современными технологиями обучения и воспитания детей с любыми нарушениями, технологиями организации различных форм совместной и индивидуальной деятельности всех обучающихся в рамках структурированного урока, средствами альтернативной коммуникации.

Внедрение образовательной инклюзии привело к появлению новой профессиональной компетентности педагога – инклюзивной, понимаемой как интегративно-личностное образование, обеспечивающее эффективность реализации инклюзивной практики [7]. Необходимо учитывать, что федеральный закон «Об образовании в РФ» закрепляет инклюзию как характеристику образования на всех его уровнях. Следовательно, инклюзивная компетентность должна стать частью профессиональной компетентности всех педагогов ОО, независимо от того, реализуют они инклюзивную практику в настоящее время или еще не столкнулись с ее необходимостью. Во многих публикациях отмечается, что инклюзивная компетентность как структурный компонент профессиональной компетентности современного педагога должна формироваться в процессе вузовской подготовки [8–10]. Если обратиться к действующим федеральным государственным стандартам высшего педагогического образования, то в ФГОС высшего педагогического образования уровня бакалавриата определены две компетенции, имеющие непосредственное отношение к инклюзивной практике (способность осуществлять

обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся, и способность проектировать индивидуальные маршруты обучающихся), а в ФГОС высшего педагогического образования уровня магистратуры – одна (способность проектировать образовательное пространство, в том числе в условиях инклюзии). Для преодоления дефицита инклюзивной компетенции педагогов в ФГОС НОО обучающихся с ОВЗ предусматривается профессиональная переподготовка в области специального (дефектологического) образования или повышение квалификации в области инклюзивного образования обучающихся с ОВЗ. В инклюзивном обучении детей с сенсорными недостатками дополнительно для учителя начальных классов требуется повышение квалификации в области инклюзивного образования лиц с нарушением зрения/слуха соответственно. Вместе с тем в школу может прийти ребенок с любым нарушением, что предполагает владение учителем технологиями обучения и воспитания детей с самыми разными диагнозами. Сохраняется, кроме того, высокая потребность в научно-методической помощи в инклюзивном обучении детей с сенсорными нарушениями, нарушениями речи, расстройствами аутистического спектра, которое нередко предполагает владение особыми технологиями, в частности технологиями альтернативной и дополнительной коммуникации [11]. ПМПК, направляя ребенка с ОВЗ в ту или иную школу, должна учитывать ее возможности (кадровый состав, предметно-пространственную среду, материально-техническое оснащение и проч.), однако окончательное решение остается за родителями, которые могут настаивать на обучении своего ребенка в ближайшей школе.

Современный учитель, таким образом, должен стать своего рода универсалом, способным проектировать и реализовывать инклюзивное обучение ребенка практически с любым видом ОВЗ. Следовательно, инклюзивность образования существенно изменяет условия труда педагога, требует от него больших интеллектуальных и физических затрат, стрессоустойчивости, умения контролировать свое эмоциональное состояние, что, в свою очередь, обостряет вопрос о финансировании инклюзивной педагогической деятельности. Как отмечает И.М. Бгажнокова, за рубежом давно осознана высокая экономическая затратность инклюзивного образования [12]. Нерешенность этого вопроса в нашей стране вы-

ступает как немаловажный фактор, порождающий негативные установки педагогов по отношению к инклюзивному обучению детей с ОВЗ [13, 14]. Неудивительно, что многие школы предпочитают выбирать для детей с ОВЗ обучение в отдельных классах, вовлекая их не в совместное обучение с нормативно развивающимися сверстниками, а в совместную внеурочную деятельность. Заметим в этой связи, что объединение детей с ОВЗ в отдельном классе не снимает проблемы, так как учитель в этих условиях должен реализовать различные адаптированные образовательные программы. Кроме того, для реализации различных коррекционных курсов в одних случаях нужен тифлопедагог, в других – сурдопедагог, в третьих – олигофренопедагог. А это определяет необходимость изменения кадрового комплектования организаций, что не всегда соответствует реальным возможностям ОО, в частности в некоторых регионах Российской Федерации актуальна проблема дефицита кадров дефектологов [15].

Проблема недостаточной компетентности педагогов в обучении детей с ОВЗ решается с опорой на опыт специалистов, прежде всего, коррекционных образовательных организаций и Центров психолого-педагогического и медико-социального сопровождения лиц с ОВЗ, а также организацией командного взаимодействия специалистов инклюзивной ОО [12]. Другими механизмами, позволяющими преодолевать дефицит инклюзивной компетентности педагогических работников, поддерживать и направлять их усилия, становятся стажировочные площадки и ресурсные центры. Однако приходится констатировать, что если в ряде крупных городов ресурсные центры достаточно давно созданы и успешно функционируют, то в регионах ситуация не столь благополучна [16]. Так, в Ульяновске первый ресурсный центр для детей с расстройствами аутистического спектра, реализующий комплексную психолого-педагогическую программу их сопровождения, был открыт в ноябре 2017 г. [17].

Стоит отметить, что в регионах развиваются и другие варианты ресурсной поддержки инклюзивного образования – «горизонтальные»: сетевое взаимодействие специалистов разных ОО, позволяющее организовывать не только обмен опытом, но и более широкое взаимодействие детей с ОВЗ с нормативно развивающимися сверстниками [18].

Таким образом, важнейшей проблемой в реализации инклюзивной практики в образовании, в том числе начальном, является проблема инклюзивной компетентности пе-

дагогических кадров. Подготовка педагогического корпуса к реализации инклюзивной практики предполагает ее научно-методическое и технологическое оснащение. Основной эффективной инклюзивной практикой педагога является его гуманистическая направленность, принятие «особых» детей. Однако принятие ценностей инклюзии не гарантирует способности педагога реализовывать особые образовательные потребности ребенка с ОВЗ. Командное и сетевое взаимодействие специалистов в инклюзивном образовании необходимо, но осуществляет инклюзивное обучение в классе педагог, владеющий специальными методами, технологиями и приемами обучения и коммуникации. Следовательно, центральной задачей в обеспечении эффективности образовательной инклюзии становится задача ее научно-методического и технологического обеспечения, решение которой станет основой формирования соответствующих компетенций будущих педагогов уже на уровне вузовской подготовки.

Отметим, что публикаций, раскрывающих методы и технологии инклюзивной практики на уровне начального образования, меньше, чем аналогичных работ, посвященных технологиям инклюзивного обучения в дошкольном образовании [4]. Есть основания считать, что это наблюдение соответствует реальности и существующая ситуация может создавать препятствия на пути обеспечения преемственности инклюзивного обучения особого ребенка в дошкольном и начальном образовании. В практике дошкольных ОО можно отметить ряд факторов, которые облегчают, на наш взгляд, принятие и реализацию инклюзии.

Во-первых, к инклюзивной практике перешли многие ДОО, которые ранее имели коррекционную направленность, а в настоящее время приобрели статус ДОО комбинированного или общеразвивающего вида. Работники таких детских садов не только уже имеют опыт работы с детьми с различными нарушениями, но чаще всего и не испытывают психологических трудностей во взаимодействии с ними.

Во-вторых, в ДОО облегчается задача сопровождения ребенка силами различных специалистов. Режим дня в детском саду, тесное, практически ежедневное взаимодействие воспитателя, логопеда, дефектолога, педагога-психолога, – все это позволяет своевременно отслеживать и обсуждать возникающие у ребенка с ОВЗ трудности, изменения в его состоянии, согласовывать содержание коррекционно-развивающей работы. В материалах московской конфе-

ренции представлен пример такого взаимодействия – «педагогическая волна»: гибкая синхронизация содержания занятий воспитателя и логопеда [19]. Другой пример взаимодействия специалистов ДОО «здесь-и-сейчас» – «педагогический треугольник» [20]. В начальной школе такое взаимодействие мог бы организовывать тьютор. В ФГОС НОО обучающихся с ОВЗ должность тьютора прописана для детей с расстройствами аутистического спектра и двигательными нарушениями, а для детей слепых и слабовидящих – должность помощника (ассистента) педагога. Должность «тьютор» введена в Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих. Приказом Минтруда от 10.01.2017 г. № 10н утверждён Профессиональный стандарт «Специалист в области воспитания», в котором определены трудовые функции и трудовые действия тьютора. В частности, определены такие трудовые действия тьютора, как разработка и подбор методических средств для проектирования и реализации индивидуальных образовательных маршрутов обучающихся, учебных планов и методическое обеспечение взаимодействия субъектов образования в целях индивидуализации образовательного процесса [21]. Однако нет нормативных документов, определяющих регламент его работы (например, недельную нагрузку), введение этой должности в штатное расписание образовательных организаций не является обязательным и в реальности требует специальных согласований администрации ОО с региональным управлением образования [6].

В начальной школе к тому же сложнее соединить общее для всех расписание уроков и необходимые для «особого» ребенка коррекционные занятия в объеме не менее 5 часов в неделю, с одной стороны, и его потребности в определенном режиме учебы и отдыха, нередко – лечении, с другой, что также отмечено в публикациях [22]. Имеет значение и традиционная ориентация школьного образования на академические результаты.

В ДОО, кроме того, возможен более тесный контакт специалистов с родителями, что также позволяет оперативно обсуждать с ними продвижение ребенка по образовательному маршруту, вовлекать их в сотрудничество, постепенно преодолевать отмечающуюся тенденцию переложить основные усилия и ответственность за воспитание и обучение своего ребенка на детский сад.

И, наконец, можно отметить еще один фактор, который практически не упоминается в литературе, но, по нашему мнению, имеет немаловажное в реализации

инклюзивной практики значение, – это особенности общения взрослых с детьми в детском саду и школе. Одно из основных отличий деятельности учителя от деятельности воспитателя состоит в преобладании фронтального общения над диадическим – адресованным отдельно ребенку или небольшой группе детей. Инклюзивная практика в большей степени требует диадического общения с «особым» ребенком, которое более привычно и естественно для воспитателя. Для эффективной работы школьного учителя с инклюзивным классом нужна разработка специальных технологий сочетания фронтального и диадического общения на уроке, нередко к тому же требующего владения дополнительными средствами коммуникации.

Разумеется, существует большой опыт обучения детей с ОВЗ, накопленный в рамках специального образования. В научной литературе представлены содержательные руководства по технологиям инклюзивного образования [23, 24]. Мы хотели бы подчеркнуть необходимость систематизации и обобщения технологий инклюзивного обучения детей с различными нарушениями в рамках урочной деятельности педагога и включения специальных разделов, ориентированных на инклюзивное обучение, в программы дисциплин, связанных с методиками преподавания отдельных предметов, в учебные планы высшего педагогического образования. Полезно предусмотреть, кроме того, учебную практику на базе ОО, успешно реализующих инклюзивную практику.

Успешность реализации образовательной инклюзии в существенной степени определяется отношением к ней родителей нормативно развивающихся обучающихся. В публикациях представлены различные формы и методы работы с родителями, обсуждаются вопросы, связанные с реализацией реабилитационного потенциала семьи ребенка с ОВЗ, однако большая часть таких публикаций относится к дошкольному образованию и речь в них идет преимущественно о родителях «особых» детей [2, 4, 25, 26]. Можно отметить очень незначительное число публикаций, в которых рассматриваются модели организации работы с родителями обучающихся с ОВЗ в начальной школе и тем более – со всеми родителями инклюзивных классов. Одновременно приводится неутешительная статистика, свидетельствующая о скептическом отношении к инклюзии большинства родителей нормативно развивающихся детей [27]. Их основные опасения связаны с возможным снижением внимания к здоровым детям и тем самым – снижением качества их об-

учения. Нам представляется, что изменение отношения родителей к инклюзии в первую очередь будет определяться решением проблемы, которая уже отмечена выше: совершенствованием технологий обучения и воспитания детей в инклюзивных классах. Полагаем, что самый убедительный аргумент для родителей здорового ребенка в пользу инклюзии – его хорошие академические результаты и позитивное отношение к учебе, школе и одноклассникам. Разумеется, мы имеем в виду и умение учителя транслировать обучающимся толерантное отношение ко всем детям, независимо от их психофизических, социальных, национальных, религиозных и иных особенностей, и его владение технологиями организации конструктивного, партнерского взаимодействия между детьми.

Завершая этот достаточно краткий обзор, повторим, что, по нашему мнению, важнейшей проблемой в современной инклюзивной образовательной практике в начальной школе является недостаточная разработанность ее научно-методической основы и технологий ее реализации, что, в свою очередь, серьезно затрудняет и формирование инклюзивной компетенции педагогов, и обеспечение преемственности дошкольного и начального образования в обучении и социализации детей с ОВЗ. Наша точка зрения подтверждается результатами исследования рисков внедрения инклюзии в высшем образовании, в котором показано, что «одним из существенных рискогенных факторов... в расширении инклюзивных практик является отсутствие специальных профессиональных навыков у преподавателей» [28, с. 101]. Необходимо, по нашему мнению, расширить инклюзивную подготовку студентов, получающих педагогическое образование по профилю начальное образование. Стоит и еще раз отметить отсутствие нормативно-правового регулирования количества детей с разными нарушениями в инклюзивном классе, которое в условиях ориентации обучения на образовательные результаты существенно затрудняет деятельность учителя и может вести к снижению качества обучения. Значимость решения этих проблем определяется их основополагающим значением и для успешности внедрения образовательной инклюзии, и для преодоления скептического отношения к ней и самих педагогов, и родителей, и общества в целом.

#### Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ // Консультант-плюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (дата обращения: 26.03.2018).

2. Инклюзивное образование: преемственность инклюзивной культуры и практики: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. М., 2017. 352 с.

3. Гребенникова В.М. Развитие инклюзивного образования в Российской Федерации: проблемы и перспективы // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2–19. С. 4292–4297.

4. Инклюзивное образование: региональный опыт и векторы развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ульяновск, 2018. 308 с.

5. Самсонова Е.В., Шеманов А.Ю. Методологические аспекты инклюзивного образования // *Инклюзивное образование: преемственность инклюзивной культуры и практики: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. М.: МГППУ, 2017. С. 44–54.*

6. Маркова К.Н. Проблемы реализации инклюзивного образования в начальной общеобразовательной школе // *Инклюзивное образование: региональный опыт и векторы развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ульяновск: УлГПУ, 2018. С. 30–33.*

7. Козырева О.А. Специальные умения в структуре профессиональной компетентности учителя инклюзивного образования // *Инклюзивное образование: преемственность инклюзивной культуры и практики: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. М.: МГППУ, 2017. С. 287–293.*

8. Зимнухова Т.Ю., Кожекина Т.В., Кондратьева В.В. Формирование инклюзивной компетентности будущих педагогов как составляющей их профессиональной компетентности // *Научные исследования в образовании*. 2011. № 4. С. 22–28.

9. Рымханова А.Р. и др. К вопросу о подготовке педагогов реализующих инклюзивную практику // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 1-2. С. 267–269.

10. Ташина Т.М., Семенов А.А. Подготовка специалистов к работе в инклюзивном образовании // *Современные исследования социальных проблем*. 2014. № 2 (34). С. 21.

11. Добронькина М.А. Обучение средствам альтернативной и дополнительной коммуникации кадров образовательных учреждений как основной компетенции педагогов инклюзивного образования // *Инклюзивное образование: преемственность инклюзивной культуры и практики: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. М.: МГППУ, 2017. С. 433–435.*

12. Бгажнокова И.М. Общее и специальное образование: пути к взаимодействию и интеграции // *Вопросы образования*. 2006. № 2. С. 30–39.

13. Королева Ю.А. Отношение к инклюзивному образованию педагогов общеобразовательных организаций // *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. 2016. Т. 20. С. 77–80. URL: <https://e-koncept.ru/2016/56330.htm> (дата обращения: 01.06.2018).

14. Наумов А.А. Современные проблемы готовности педагогов к реализации инклюзивного образования в России и за рубежом // *Вестник ПГППУ. Серия № 1. Психологические и педагогические науки*. 2017. № 2–1. С. 110–114.

15. Назарова Н.М. Факторы и тенденции развития профессиональной подготовки кадров для системы специального образования в вузах Российской Федерации // *Специальное образование*. 2008. № 11. С. 5–11.

16. Беткер Л.М. Стажировочные площадки и тьюторство в организации инклюзивного образования детей с ограниченными возможностями здоровья // *Вестник урведедения*. 2015. № 2 (21). С. 144–148.

17. Борисова Г.Н., Прокофьева М.В. Организация комплексного сопровождения детей с расстройствами аутистического спектра на территории Ульяновской области // *Инклюзивное образование: региональный опыт и векторы развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ульяновск: УлГПУ, 2018. С. 71–76.*

18. Огороднова О.В., Патрушева И.В. Региональные аспекты межведомственного взаимодействия в инклюзивном образовании // *Историческая и социально-образовательная мысль*. 2016. Т. 8. № 5–3. С. 119–124.

19. Берсекова Л.Б., Голованова Н.А. Педагогическое взаимодействие учителя-логопеда и воспитателя в инклюзивном образовательном пространстве (из опыта работы) // Инклюзивное образование: преемственность инклюзивной культуры и практики: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. М.: МГППУ, 2017. С. 400–402.
20. Черемисина Я.А., Иванова Е.В. «Педагогический треугольник»: воспитатель педагог-психолог учитель-дефектолог – основа успешного включения ребенка с ОВЗ в инклюзивное образовательное пространство // Инклюзивное образование: преемственность инклюзивной культуры и практики: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. М.: МГППУ, 2017. С. 331–334.
21. Приказ Минтруда России от 10.01.2017 № 10н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области воспитания» // Консультант-плюс: сайт. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_199498](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_199498) (дата обращения: 15.04.2018).
22. Соловьева С.В. Инклюзивное образование детей с ограниченными возможностями здоровья в Свердловской области: статистика, опыт, проблемы и перспективы // Инклюзивное образование: преемственность инклюзивной культуры и практики: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. М.: МГППУ, 2017. С. 128–137.
23. Самсонова Е.В., Дмитриева Т.П., Хотылева Т.Ю. Основные педагогические технологии инклюзивного образования: учебно-методическое пособие. М.: Педагогический университет «Первое сентября», 2013. 36 с. URL: [http://www.edu54.ru/sites/default/files/upload/2015/03/OPT\\_broshiura.pdf](http://www.edu54.ru/sites/default/files/upload/2015/03/OPT_broshiura.pdf) (дата обращения: 17.04.2018).
24. Митчелл Д. Эффективные педагогические технологии специального и инклюзивного образования. Главы из книги. М.: РООИ «Перспектива», 2011. 138 с.
25. Власенко С.В. Организация работы семейной комнаты в дошкольном образовательном учреждении // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2012. Т. 4. № 11. С. 51–54.
26. Сваталова Т.А., Кудрявцева Е.П., Штельвак Н.В. Сотрудничество с родителями в условиях лекотеки // Специальное образование. 2014. Т. 2. С. 261–263.
27. Чернышов М.Ю. Об инклюзивном образовании как форме интеграции образования в интересах инвалидов // Интеграция образования. 2013. № 4 (73). С. 84–91.
28. Волосникова Л.М., Ефимова Г.З., Огороднова О.В. Риски образовательной инклюзии: опыт регионального исследования Тюменского государственного университета // Психологическая наука и образование. 2017. Т. 22. № 1. С. 98–105.